
Estudi energètic d'un habitatge unifamiliar

Treball de Fi de Grau

GRAU EN ARQUITECTURA TECNICA

AUTOR: Gerard Rodriguez Escoda

TUTOR: Jérôme Barrau

Universitat de Lleida

Índex de continguts

1. Introducció	7
1.1. Resum i objectius	7
1.2. Standard Passivhaus	8
1.3. Marc normatiu actual	12
1.4. Auditoria energètica dels edificis.....	17
2. Habitatge unifamiliar objecte d'estudi	19
2.1. Memòria descriptiva	19
2.1.1. Emplaçament.....	20
2.1.2. Clima	20
2.1.3. Solar	21
2.1.4. Quadre de superfícies.....	22
2.2. Memòria constructiva.....	23
2.2.1. Geometria.....	23
2.2.2. Descripció de l'edifici.....	23
2.2.3. Tancaments en contacte amb l'aire exterior	24
2.2.4. Tancaments en contacte amb el terreny	26
2.2.5. Particions interiors en contacte amb espais no habitables	26
2.2.6. Obertures.....	27
2.2.7. Estudi d'ombres.....	28
3. Estudi de demanda energètica.....	32
3.1. Fase de dibuix	32
3.2. Configuració de l'edifici	35
3.2.1. Zona climàtica.....	35
3.2.2. Configuració dels tancaments	36
3.2.3. Horaris	38

3.2.4.	Càrregues.....	39
3.2.5.	Sistemes.....	40
3.2.6.	Estudi de resultats obtinguts.....	41
4.	Propostes de millora per obtenir una major eficiència energètica	43
4.1.	Adició d'aïllament per l'exterior en parets de façana i aïllament de coberta.	44
4.1.1.	Justificació	44
4.1.2.	Adició d'aïllament per l'exterior en parets de façana	44
4.1.3.	Aïllament de coberta	46
4.1.4.	Resultats obtinguts.....	47
4.2.	Col·locació d'elements d'ombreig a les obertures mes problemàtiques	48
4.2.1.	Justificació	48
4.2.2.	Col·locació d'elements d'ombreig.....	48
4.2.3.	Resultats obtinguts.....	48
4.3.	Substitució de finestres actuals	50
4.3.1.	Justificació	50
4.3.2.	Substitució de finestres	50
4.3.3.	Resultats obtinguts:.....	51
4.4.	Instal·lació d'un recuperador de calor.....	53
4.4.1.	Justificació	53
4.4.1.	Instal·lació d'un recuperador de calor.....	53
4.4.2.	Resultats obtinguts:.....	55
4.5.	Combinatòria de resultats:	56
5.	Viabilitat econòmica.....	58
6.	Conclusions.....	60
7.	Annexes	61
7.1.	A01 Criteris EnerPHit	62
7.2.	A02 Aïllament coberta	63
7.3.	A03 Vidreria	64

7.4.	A04 Fusteria	65
7.5.	A05 Sistema d'aïllament per l'exterior	66
7.6.	A06 Pressupost	67
7.7.	A07 Recuperador de calor	68
7.8.	Plànols.....	69
7.9.	A09 Taules d'amortització	70

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1 Quadre de temperatures i precipitacions Font: AEMET.....	20
Figura 2 Imatge Aèria Térmens Font: GMaps.....	21
Figura 3 Imatge aèria Habitatge Font: GMaps	21
Figura 4 Geometria de l'edifici Font: elaboració pròpia.....	23
Figura 5 Imatge real Font: Elaboració pròpia	23
Figura 6 materials façana Font: u-wert.com	24
Figura 7 materials mitgera Font: u-wert.com	24
Figura 8 materials coberta Font: u-wert.com	25
Figura 9 materials solera Font: u-wert.com	26
Figura 10 materials forjat Font: u-wert.com	26
Figura 11 Transmissió finestres Font: PassiveHaus Institut.....	27
Figura 12 Estudi del pas del sol Gener Font: Elaboració pròpia.....	28
Figura 13 Estudi del pas del sol Abril Font: Elaboració pròpia	29
Figura 14 Estudi del pas del sol Juliol Font: Elaboració pròpia.....	30
Figura 15 Estudi del pas del sol Setembre Font: Elaboració pròpia	31
Figura 16 Base de dibuix Font: Elaboració pròpia	32
Figura 17 Base amb obertures Font: Elaboració pròpia	33
Figura 18 Base amb PT Font: Elaboració pròpia	33
Figura 19 Base amb ombres Font: Elaboració pròpia	34
Figura 20 Captura OS Dades climàtiques Font: OpenStudio	35
Figura 21 Captura OS tancaments Font: OpenStudio	36
Figura 22 Captura Construccions Font: OpenStudio	37
Figura 23 Captura tipus tancaments OS Font: OpenStudio.....	37
Figura 24 Captura OS horaris Font: OpenStudio	38
Figura 25 Captura OS assignació d'horaris Font: OpenStudio.....	38
Figura 26 Captura OS Carregues Font: OpenStudio	39
Figura 27 Captura OS Assignació de carregues Font: OpenStudio.....	39

Figura 28 Captura OS Sistemes Font: OpenStudio	40
Figura 29 Captura OS RUN Font: OpenStudio	41
Figura 30 SATE 3D Font:URSA.....	44
Figura 31 Façana amb SATE Font: u-wert.com.....	44
Figura 32 Requisits Envolvent EnerPHit Font: PassiveHaus Institut.....	45
Figura 33 Aïllament de coberta Font: URSA	46
Figura 34 Coberta amb aïllament Font: u-wert.com.....	46
Figura 35 Requisits coberta EnerPhit Font: Passivehaus.....	46
Figura 36 Elements d'ombra Font:elaboració pròpia	48
Figura 37 Detall perfilaria Font: Roman Clavero	50
Figura 38 Triple vidre baix emissiu Font: Saint Gobain	50
Figura 39 Requisits finestres Font: Passivhaus Institute	51
Figura 40 Rendiment-Cabal Font: ARKOR	54
Figura 41 Gràfic combinatòria Font: elaboració pròpia	57

ÍNDEX DE TAULES

Taula 1 Quadre de superfícies Font: elaboració pròpia	22
Taula 2 Resultats OS GJ Captura OS Font: OpenStudio	41
Taula 3 Resultats aïllament Font: elaboració pròpia	47
Taula 4 Resultats ombreig Font: elaboració pròpia	48
Taula 5 Resultats millores passives Font: elaboració pròpia.....	51
Taula 6 Resultats recuperador de calor Font: elaboració pròpia	55
Taula 7 Resultats combinatòries Font: elaboració pròpia.....	56
Taula 8 Consums aparells Font: elaboració pròpia	58
Taula 9 Resum del pressupost Font: elaboració pròpia	59
Taula 10 Amortització Font: elaboració pròpia	59

1. Introducció

1.1. Resum i objectius

Els objectius d'aquest projecte són: Fer una avaluació energètica d'un habitatge unifamiliar adossat i proposar un conjunt de millores que permetin reduir de forma considerable la demanda energètica actual, per arribar a certificar l'edifici com a PassiveHaus.

El projecte s'inicia amb l'anàlisi del conjunt de l'edifici. Aquest pretén mostrar el seu estat inicial per poder raonar posteriorment les millores proposades.

A partir d'aquest anàlisi, es descriu cadascun dels elements característics de l'edifici; sistemes de construcció emprats, tancaments, obertures, coberta etc.

Un cop analitzat l'edifici i mitjançant els softwares Sketchup i OpenStudio es realitza un estudi energètic de l'habitatge i s'analitzen els resultats obtinguts.

Un cop analitzats es creen un conjunt de propostes per poder reduir al mínim la demanda energètica de l'edifici.

Per últim, s'interpreten els resultats assolits a partir de les mesures proposades. Tenint en compte la demanda obtinguda abans de les propostes i l'evolució mostrada a través de la implementació de les mesures esmentades, es considera que s'han assolit els objectius principals del projecte.

1.2. Standard Passivhaus

L'estàndard Passivhaus, sempre que s'atenguin els principis de bona orientació i racionalitat en els seus plantejaments, admet QUALSEVOL TIPUS D'ARQUITECTURA.

Encara que inicialment es va aplicar a habitatges unifamiliars cada vegada són més les tipologies a les quals s'adapta l'estàndard passiu: escoles, llars d'infants, poliesportius, centres cívics, esglésies, estacions de bombers, edificis d'oficines, piscines ... i, per descomptat, blocs d'habitatge col·lectiu on la relació superfície / volum és molt més favorable que en els habitatges unifamiliars.

Durant els mesos càlids aquests edificis fan ús de sistemes passius de refrigeració com la disposició acurada de proteccions solars a les façanes més exposades, la ventilació creuada nocturna o la moderació de la temperatura dels edificis mitjançant intercanviadors terra-aire.

Tenen un elevat confort interior, consum d'energia molt baix, alt grau d'aïllament, control rigorós dels ponts tèrmics, fusteries i vidres de gran qualitat, aprofitament òptim de l'assolellament ...

Passivhaus és l'estàndard d'eficiència energètica més avançat del món, i assegura una gran qualitat de l'aire i del confort interior augmentant la durabilitat dels edificis causa de la seva acurada execució.

El seu sistema de ventilació subministra de manera imperceptible l'aire fresc necessari. Aquest aire és prèviament filtrat al recuperador de calor i, juntament amb l'alt grau d'aïllament i l'homogeneïtat de les temperatures de les superfícies que envolten les estades (sòls / parets / sostres), evita la formació d'humitats i la generació de floridures. S'aconsegueix així un immillorable confort acústic, tèrmic i de qualitat de l'aire.

Tenint en compte el cicle de vida dels edificis, única forma de determinar els seus costos reals, els edificis passius estalvien diners. El lleuger sobre cost de la seva construcció (estimat entre un 5 i un 10% respecte dels edificis convencionals) es compensa en pocs

anys a causa de la dràstica reducció de la seva demanda d'energia (fins a la desena part).

Un edifici passiu requereix fins a un 90% menys d'energia que un edifici convencional amb la consegüent reducció de les emissions de CO₂ a l'atmosfera el que el converteix en una alternativa sostenible real enfront de la resta de construccions convencionals.

Les 5 claus d'un edifici passiu:

1. Els aïllaments

Augmentar el gruix dels aïllaments redueix les pèrdues de calor a l'hivern, els guanys de calor a l'estiu i la demanda d'energia per climatitzar els edificis.

2. Les finestres

Les zones més febles de la envoltant són les finestres. Per això, és fonamental comptar amb fusteries i vidres de molt alta qualitat amb la finalitat de limitar al màxim la fugida d'energia a través d'elles.

3. L'hermeticitat

En els edificis convencionals l'aire que es requereix en les estades prové de les infiltracions que es produeixen a través de les trobades dels elements constructius, a través de les finestres i portes o mitjançant el pas de les instal·lacions. A les cases passives aquesta entrada de aire es produeix d'una manera controlada el que permet condicionar de manera que l'aportació es realitza en perfectes condicions higièniques, de temperatura i humitat.

4. La ventilació

La ventilació mecànica controlada amb recuperació de calor és un sistema format per dos circuits: un d'entrada de aire fresc exterior i un altre de sortida d'aire viciat interior. Tots dos comparteixen un element comú, el recuperador, al que s'aprofita en més d'un 80% la calor que transporta l'aire viciat abans de ser expulsat i es transfereix a l'aire

fresc exterior que, prèviament filtrat, es tempera i es reverteix a les estances.

5. Els ponts tèrmics

Un pont tèrmic es comporta en un edifici com un forat en una galleda d'aigua: augmenta el flux de calor entre l'interior i l'exterior de la mateixa manera en què l'aigua es vessa a través del forat de la galleda. En els edificis passius es controla de manera rigorosa l'eliminació dels ponts tèrmics.

La rehabilitació amb criteris passius (EnerPHit):

La vida útil d'un edifici és llarga a escala humana. Això fa que les intervencions que realitzem per a la seva millora i bona vellesa resultin rendibles en el temps. Els avenços en el coneixement i en la tecnologia fan possible avui en dia dur l'eficiència energètica a l'extrem mitjançant la millora de la envoltant dels edificis i el màxim aprofitament de els guanys tèrmiques exteriors i interiors. No utilitzar aquests recursos que tenim al nostre abast significa hipotecar els edificis a noves intervencions de rehabilitació i desapropiar l'oportunitat de garantir una llarga vida als nostres edificis en unes condicions d'habitabilitat, funcionalitat i estètica òptimes.

Està provat i demostrat que és possible una rehabilitació energètica d'edificis mitjançant components Passivhaus aconseguint tots els beneficis que la seva aplicació comporta: millora de la qualitat de l'aire interior, millora del confort tèrmic i acústic, reducció dràstica del consum energètic i revalorització dels edificis.

L'estàndard Passivhaus estableix uns requisits molt exigents pel que fa a la limitació de la demanda d'energia i l'hermeticitat de l'edifici. Donades les dificultats que la rehabilitació d'un edifici existent comporta l'estàndard EnerPHit, centrat en la rehabilitació d'edificis, permet una certa flexibilitat en el rigor del Passivhaus, mantenint seus principis i requerint l'aplicació de solucions específiques adaptades a les peculiaritats dels edificis a rehabilitar.

Els edificis passius poden prescindir dels sistemes convencionals de calefacció i refrigeració: una única estratègia enfront del fred de l'hivern i la calor de l'estiu, el

cura de la envoltant i la ventilació controlada, permeten seva òptima climatització. Això, unit a l'estalvi energètic i a la disminució de les emissions, fa dels edificis passius una gran inversió, assequible i sostenible.

1.3. Marc normatiu actual

A partir de 2006 s'implanta el CTE, i en el seu DB-HE s'estableixen criteris mínims que afecten a l'eficiència energètica, així com també sorgeixen noves directives que afecten aquesta eficiència energètica, les més importants són:

- 2006: CTE [5]. (Codi Tècnic de l'Edificació): Sorgeix com a instrument per fixar exigències bàsiques de qualitat en l'edificació. Es divideix en dues parts. a la primera s'estableixen les disposicions de caràcter general i les exigències que han de complir els edificis. La segona consta d'una sèrie de documents bàsics, l'aplicació garanteix el compliment de les exigències bàsiques. Com complement per a l'aplicació del CTE es creen els documents reconeguts, que són documents tècnics externs i independents del CTE la utilització facilita el compliment de determinades exigències i contribueixen al foment de la qualitat de l'edificació.

Pel que fa a l'estalvi energètic queden reflectides en el seu article 15 i cito textualment:

1. L'objectiu del requisit bàsic "Estalvi d'energia" consisteix a aconseguir un ús racional de l'energia necessària per a la utilització dels edificis, reduint a límits sostenibles el seu consum i aconseguir així mateix que una part d'aquest consum procedeixi de fonts d'energia renovable, com a conseqüència de les característiques del seu projecte, construcció, ús i manteniment.

2. Per satisfer aquest objectiu, els edificis es projectaran, construiran, utilitzaran i mantindran de manera que es compleixin les exigències bàsiques que s'estableixen en els apartats següents.

3. El Document Bàsic "BD HE Estalvi d'energia" especifica paràmetres objectius i procediments el compliment dels quals assegura la satisfacció de les exigències bàsiques i la superació dels nivells mínims de qualitat propis del requisit bàsic d'estalvi d'energia.

Aquest document bàsic estableix cinc exigències bàsiques:

) Exigència bàsica HE 1: Limitació de demanda energètica.

Fixa els mínims normatius pel que fa a aïllament, protecció solar dels buits, prevenció de condensacions i estanquitat de finestres.

) Exigència bàsica HE 2: Rendiment de les instal·lacions tèrmiques.

Queda desenvolupat en el RITE.

) Exigència bàsica HE 3: Eficiència energètica de les instal·lacions de il·luminació.

Promou l'aprofitament de la llum natural, exigint factors d'eficiència energètica en les instal·lacions d'il·luminació artificial. Proposa un pla de manteniment per a les lluminàries.

) Exigència bàsica HE 4: Contribució solar mínima d'aigua calenta sanitària.

Exigeix un percentatge d'aportació d'aigua calenta d'origen solar depenent de la zona climàtica en què es trobi, l'ús a què està destinat l'edifici i el tipus de combustible que el constitueixi.

) Exigència bàsica HE 5. Contribució fotovoltaica mínima d'energia

elèctrica.

Exigeix segons l'ús de l'edifici incorporar una instal·lació elèctrica mitjançant panells fotovoltaics.

- 2006: neix el primer programari LIDER. (Limitació de la Demanda Energètica), creat per satisfer els requisits del CTE. Permet analitzar els efectes de l'aïllament, la inèrcia tèrmica i la radiació incident en els buits de l'edifici, verificant el compliment d'aquests requisits mínims.

- 2007: Reial Decret 1027/2007 RITE [8]. (Reglament d'Instal·lacions tèrmiques en Edificis). El nou RITE deroga l'anterior de 1998. Amb aquest reglament es inclouen i reforcen aspectes de l'eficiència energètica de les instal·lacions, així com la inspecció i manteniment de calderes i sistemes d'aire condicionat.

Les majors exigències en eficiència energètica que estableix el RITE, es concreten a:

) Major rendiment energètic en els equips de generació de calor i fred, així com els destinats al moviment i transport de fluids.

) Millor aïllament en els equips i conduccions dels fluids tèrmics.

) Millor regulació i control per mantenir les condicions de disseny previstes en els locals climatitzats.

) Utilització d'energies renovables disponibles, especialment l'energia solar i la biomassa.

-) Incorporació de subsistemes de recuperació d'energia i l'aprofitament d'energies residuals.
-) Sistemes obligatoris de comptabilització de consums en el cas d'instal·lacions col·lectives.
-) Desaparició gradual de combustibles sòlids més contaminants.
-) Desaparició gradual d'equips generadors menys eficients.

- 2010: Directiva 2010/31 / UE [9]. (Relativa a l'Eficiència Energètica dels Edificis).

Té com a objecte fomentar l'eficiència energètica dels edificis situats a la Unió Europea, tenint en compte les condicions climàtiques exteriors i les particularitats locals, així com les exigències ambientals interiors i la rendibilitat en termes cost-eficàcia.

La present Directiva estableix requisits en relació amb:

-) El marc comú general d'una metodologia de càlcul de l'eficiència energètica integrada dels edificis o d'unitats de l'edifici.
-) L'aplicació de requisits mínims a l'eficiència energètica de:
 - Els edificis nous o de noves unitats de l'edifici.
 - Edificis i unitats i elements d'edificis existents que siguin objecte de reformes importants.
 - Elements de construcció que formin part de l'envoltant de l'edifici.
 - Instal·lacions tècniques dels edificis quan s'instal·lin, substitueixin o millorin.
-) Els plans nacionals destinats a augmentar el nombre d'edificis de consum d'energia gairebé nul.
-) La certificació energètica dels edificis o d'unitats de l'edifici.
-) La inspecció periòdica de les instal·lacions de calefacció i aire condicionat d'edificis.
-) Els sistemes de control independent dels certificats d'eficiència energètica i dels informes d'inspecció.

- 2013: Reial Decret 235/2013 [10]. (Procediment bàsic certificació eficiència energètica d'edificis), Espanya s'adapta a la nova Directiva Europea 2010/31 / UE, i deroga el Reial Decret anterior 47/2007.

Aquest Reial decret estableix que a partir l'1 de juny de 2013, quan es construeixin, vinguin o lloguin edificis o unitats d'aquests, el certificat de eficiència energètica o una

còpia d'aquest s'haurà de mostrar al comprador o nou arrendatari potencial i es lliurarà al comprador o nou arrendatari.

El promotor o propietari de l'edifici o de part d'aquest, ja sigui de nova construcció o existent, serà el responsable d'encarregar la realització de la certificació d'eficiència energètica de l'edifici, o de la seva part, en els casos que vingui obligat per aquest Reial decret. També serà responsable de conservar la corresponent documentació. Haurà de presentar, si escau, a l'òrgan competent de la comunitat autònoma en matèria de certificació energètica d'edificis, per al registre d'aquestes certificacions en el seu àmbit territorial, i guardar còpia en el Llibre de l'edifici, en cas de ser aquest d'aplicació, o custodiar en el seu poder.

Aquest procediment bàsic és aplicable a:

-) Edificis de nova construcció.
-) Edificis o parts d'edificis existents que es venguin o lloguin a un nou arrendatari, sempre que no disposin d'un certificat en vigor.
-) Edificis o parts d'edificis en els que una autoritat pública ocupi una superfície útil total superior a 250 m² i que siguin freqüentats habitualment pel públic.
-) El certificat tindrà validesa de 10 anys.

A més, aquest certificat ha de contenir:

-) Dades d'identificació de l'edifici i del tècnic certificador, indicació del procediment reconegut utilitzat.
-) Referència de normativa d'eficiència energètica vigent en el moment de seva construcció.
-) Descripció de les característiques energètiques de l'edifici.
-) Etiqueta d'eficiència energètica.
-) Descripció de les proves i comprovacions dutes a terme.
-) Compliment dels requisits mediambientals exigits a les instal·lacions tèrmiques.

- 2013: Reial Decret 233/2013 [11], de 5 d'abril, pel qual es regula el Pla Estatal de foment del lloguer d'habitatges, la rehabilitació edificadora, i la regeneració i renovació urbana, 2013-2016.

- 2013: Llei 8/2013 [12], de 26 de Juny, de rehabilitació, regeneració i renovació urbanes.

Aquestes dues últimes contemplen la transformació de la inspecció tècnica d'edificis (ITE) en l'Informe d'Avaluació de l'Edifici (IEE) que ja inclou la certificació energètica de l'edifici a més de l'estudi dels aspectes d'accessibilitat del edifici.

1.4. Auditoria energètica dels edificis

L'Auditoria Energètica és un estudi integral en el qual s'analitza la situació energètica de l'edifici i les seves instal·lacions amb l'objectiu d'obtenir una solució òptima que porti a produir una despesa energètica menor, millorant els serveis prestats. Consisteix en realitzar un estudi de tots els aspectes que afecten el consum d'energia de l'edifici. L'objectiu és establir les reformes que s'han de dur a terme per realitzar un ús òptim de l'energia. En cap moment aquesta reducció de consum ha de disminuir el confort. Les auditories es poden classificar en diversos grups:

- Pel seu abast pot ser:

-) Total: quan s'estudiï la totalitat de l'edifici.
-) Parcial: quan només s'estudiï alguna instal·lació.

De moment o fase en què es desenvolupa pot ser:

-) De projecte: estudiant el disseny de l'obra i la forma d'execució del projecte.
-) D'edifici: estudiant l'edifici a analitzar.

Els principals objectius d'una auditoria són donar un diagnòstic de l'Edifici sobre si és o no eficient energèticament, i crear una llista de mesures de millora encaminades a un ús més racional de l'energia. En la realització d'una auditoria s'han de seguir una sèrie de pautes:

Planificar l'auditoria i prendre dades.

Analitzar les dades rellevants de l'envolvent de l'edifici, instal·lacions, equips ... per definir la demanda energètica de l'edifici.

Analitzar l'estudi de la càrrega tèrmica de l'edifici, descobrint els punts febles del mateix.

Aportar propostes per millorar l'optimització de l'energia.

Les Auditories les poden realitzar tècnics competents, persones formades i amb experiència en aquest sector. La persona que les realitza rep el nom d'auditor, que normalment solen ser enginyers superiors o enginyers tècnics industrials, o tècnics professionals i mantenidors de les instal·lacions de calefacció, aire condicionat o ACS.

Per dur a terme les auditories es necessita disposar de material adequat i realitzar

una presa de dades reals de la instal·lació. S'utilitzaran analitzadors de xarxes elèctriques que mesuren els paràmetres elèctrics d'una xarxa, analitzadors de gasos de combustió que mesuren les característiques d'una combustió, luxímetre que mesura la il·luminació sobre una superfície, cabalímetre que mesura el cabal que circula per una canonada,

càmera de termografia que fa visible la radiació de calor, anemòmetre que mesura la velocitat de l'aire i el cabal volumètric, entre d'altres equips més específics.

Abans d'iniciar les auditories s'ha de deixar per escrit els objectius i necessitats a complir. Abans de realitzar la inspecció a la instal·lació es realitza un estudi previ de la ubicació, l'emplaçament, l'entorn de la instal·lació, la qual cosa facilitarà la posterior recollida de dades.

L'auditor ha de sol·licitar la informació i obtenir totes les dades que necessiti, actualitzats des de l'última reforma que s'hagi realitzat.

A partir de la informació sol·licitada l'auditor pot fer-se una programació dels passos a seguir i de la tasca a realitzar. A l'edifici només es realitzarà la tasca de recopilació de dades extra i confirmació de les dades facilitades, realització de les mesuraments necessaris i emplenament de l'auditoria.

El resultat obtingut després de l'Auditoria es recull en un informe final que es lliura al client. Aquest informe recull les recomanacions de millora d'eficiència i estalvi econòmic.

2. Habitatge unifamiliar objecte d'estudi

2.1. Memòria descriptiva

L'edifici estudiat en aquest projecte, es tracta d'un habitatge unifamiliar entre mitgeres compost per una planta baixa destinada a l'accés a l'edifici, garatge i sala d'instal·lacions i les plantes primera i segona estan destinades a habitatge.

A continuació s'analitzen el següent conjunt d'aspectes per conformar una idea de l'edifici en el seu estat inicial:

1. Emplaçament
2. Clima
3. Solar
4. Quadre de superfícies
5. Memòria constructiva

2.1.1. Emplaçament

L'edifici està situat en el número 7 del Pou del Gel a l'oest del nucli urbà del municipi de Tèrmens, Comarca de la Noguera, província de Lleida.

2.1.2. Clima

La localització de l'habitatge es caracteritza pel típic clima de la plana de Lleida, es a dir hiverns molt freds i amb boira abundant on la mitjana de temperatura es molt baixa i estius molt calorosos amb humitat i temperatura molt altes, les precipitacions són moderades, amb alguns períodes de sequera puntuals; com es pot observar a la següent taula:

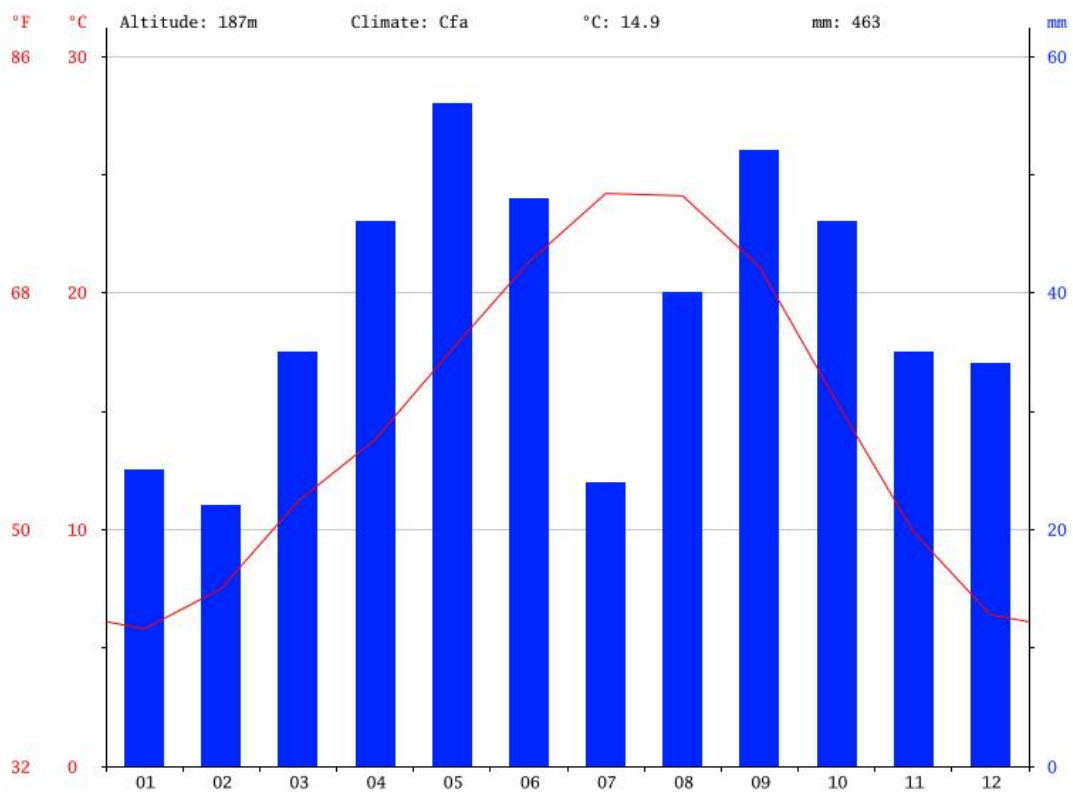


Figura 1 Quadre de temperatures i precipitacions Font: AEMET

2.1.3. Solar

L'habitatge està ubicat en un solar de forma rectangular de 144,25m² de superfície. Com es pot observar en la figura 2.II, l'orientació de les façanes i mitgeres es configura de la manera següent:

Façana Nord-Est, Façana Sud-Oest, Mitgera Nord-Oest i Mitgera Sud-Est.



Figura 2 Imatge Aèria Tèrmens Font: GMaps



Figura 3 Imatge aèria Habitatge Font: GMaps

2.1.4. Quadre de superfícies

	ZONA	SUPERFÍCIE(m²)
Planta 0	Garatge	51.65
	Jardí	51.30
	Accés	8.12
Planta 1	Cuina	10.48
	Passadís	5.16
	WC	3.85
	Sala bugaderia	2.60
	Habitació individual	7.82
	Menjador	22.8
	Terrassa	14.25
	Balcó	5.62
Planta 2	Habitació doble principal	12.55
	Habitació individual	9.43
	Habitació doble secundaria	11.80
	Vestidor	5.84
	WC	7.35
	Passadís i escala	8.60
TOTAL SUPERFÍCIE CLIMATITZADA		108.28m²

Taula 1 Quadre de superfícies Font: elaboració pròpia

2.2. Memòria constructiva

2.2.1. Geometria

L'edifici es un habitatge entre mitgeres amb una forma compacta, base rectangular i amb les plantes superposades entre si, disposa de dos parets de façana amb un 25% d'obertures.

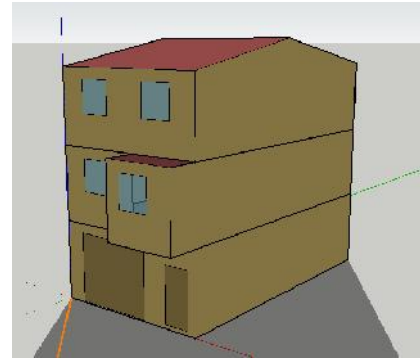


Figura 4 Geometria de l'edifici Font: elaboració pròpia

2.2.2. Descripció de l'edifici



Figura 5 Imatge real Font: Elaboració pròpia

L'edifici consta de planta baixa, planta primera i planta segona.

La fonamentació esta formada per sabates aïllades de formigó armat, com a fonamentació dels pilars estructurals i sabates contínues de formigó armat, com a fonamentació dels murets de delimitació i tancament de l'espai exterior.

L'estructura vertical es formada per una disposició de pòrtics plans i paral·lels de formigó armat, formats per bigues horitzontals, de cantell i planes, de secció constant i suports verticals continus fins la

fonamentació i units rígidament entre si.

L'estructura horitzontal la forma un forjat unidireccional de biguetes de formigó El conformat per biguetes semi resistents de formigó armat i revoltons de ceràmica.

2.2.3. Tancaments en contacte amb l'aire exterior

L'edifici esta conformat per tres tipus de tancaments en contacte amb l'exterior:

I. Façanes

Les capes que conformen els tancaments de façana són d'exterior a interior:

-) Maó cara vista 12cm
-) Morter de ciment 2cm
-) Llana de vidre 8cm
-) Paredó 9cm
-) Enlluït de guix 1.5 cm

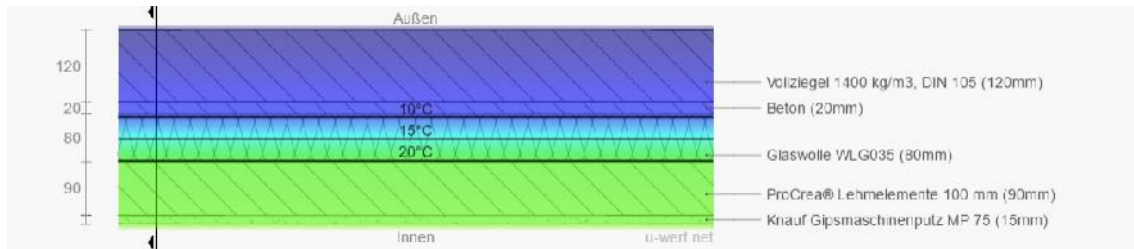
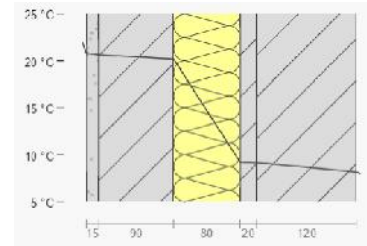


Figura 6 materials façana Font: u-wert.com

Valor U: 0,36 W / m² K

II. Mitgeres

Les capes de material que conformen les mitgeres són:

-) Enlluït de guix 1.5cm
-) Bloc de formigó 9cm
-) Llana de vidre 6cm
-) Bloc de formigó 9cm
-) Enlluït de guix 1.5cm

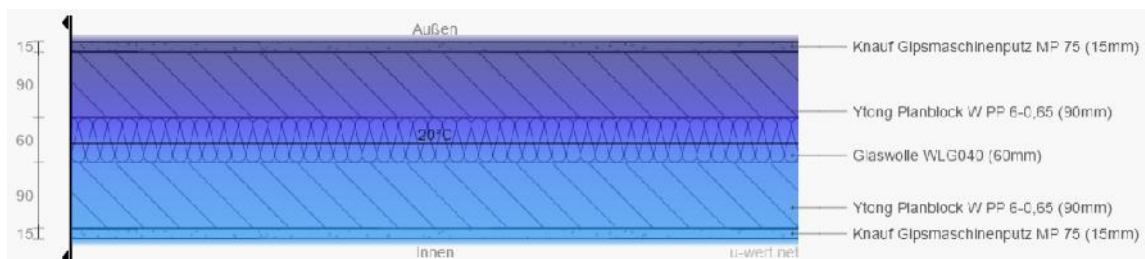
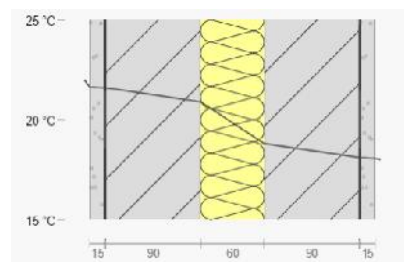


Figura 7 materials mitgera Font: u-wert.com

Valor U: $0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$, aquest valor no es excessivament gran i a l'estar habitades les dues cases adjacents les parets mitgeres no tenen a priori problemàtica.

III. Coberta

Es tracta d'una coberta inclinada amb forjat unidireccional i fals sostre d'aplatat de guix.

Les capes que conformen els tancaments de coberta són d'exterior a interior:

-) Teula de formigó 1.5cm
-) Formigó cel·lular 2cm
-) Llana de vidre 6cm
-) Lamina bituminosa 0.05cm
-) Forjat unidireccional 28cm
-) Fals sostre aplanat de guix 1.5cm

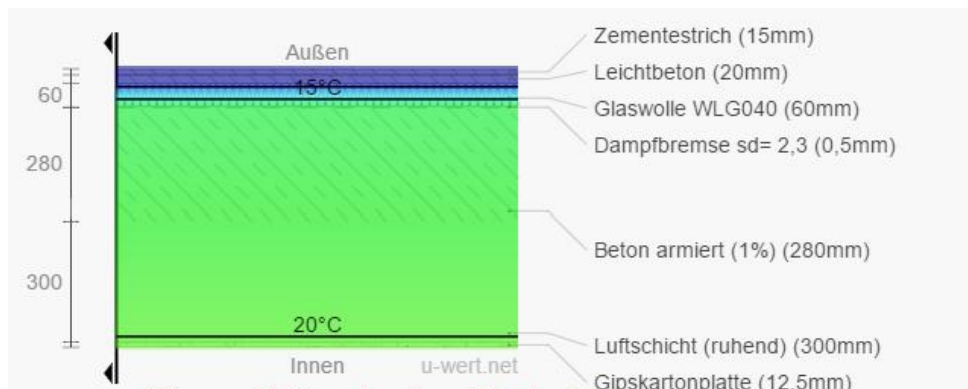
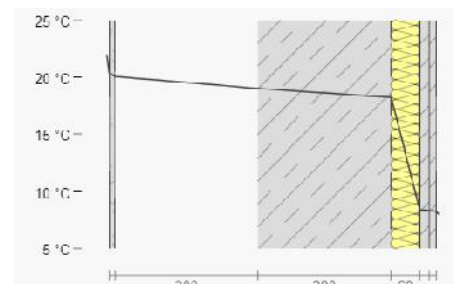


Figura 8 materials coberta Font: u-wert.com

Valor U: $0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$, aquest valor es acceptable però queda molt lluny del que te una casa passiva, per tant indica un possible focus d'actuació.

2.2.4. Tancaments en contacte amb el terreny

L'edifici només disposa d'un tipus de tancament en contacte amb el terreny que es la solera i esta resolta de la següent manera:



Figura 9 materials solera Font: u-wert.com

Valor U: $2.32 \text{ W/m}^2\text{K}$, aquesta U es molt elevada degut a que la solera manca d'aïllament però tot i així no es preocupant ja que nomes comunica amb la planta baixa que no esta habitada.

2.2.5. Particions interiors en contacte amb espais no habitables

L'edifici solament disposa d'un forjat en contacte amb espais no habitables i esta resolt de la següent manera:

-) Rajola de gres 1cm
-) Morter de ciment 2cm
-) Llana de vidre 6cm
-) Forjat unidireccional 28cm
-) Enlluït de guix 1.5cm

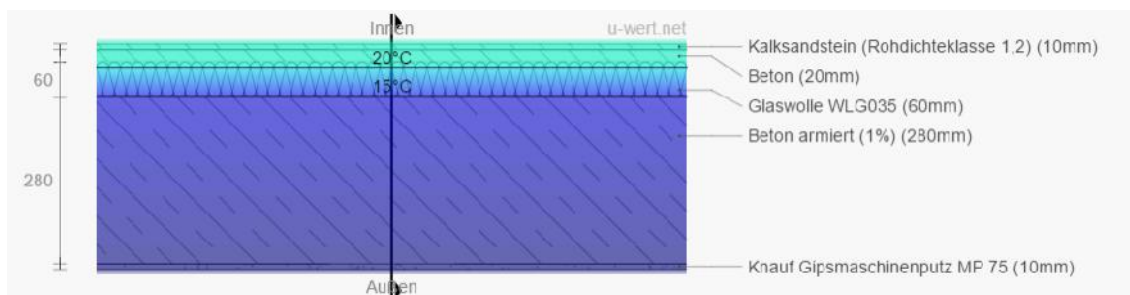
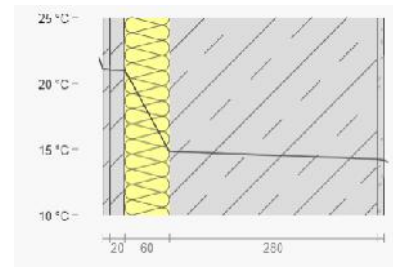


Figura 10 materials forjat Font: u-wert.com

Valor U: $0.44 \text{ W/m}^2\text{K}$, aquest valor conjuntament amb el fet de que no tingui un contacte directe a l'exterior indica que el forjat no es dels tancaments mes problemàtics de l'edifici.

2.2.6. Obertures

Totes les finestres i portes exteriors de la planta primera i planta segona estan formades per la mateixa composició; perfilaria d'alumini amb ruptura de pont tèrmic i doble vidre amb càmera d'aire(4-6-4).

La conductivitat tèrmica del marc es de 4 W/m²K i la dels vidres es de 0.9 W/m²K.

$$UH=(1-FM) \times UH_v + FM \times UH_m = (1-0.2) \times 0.9 + 0.2 \times 4 = 2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Aquest resultat igual que el de la coberta no està gens malament si s'agafa com a referència el que demana el CTE (U=3.1), però si es comparen amb el que demana Passivhaus es pot comprovar clarament que la U queda molt lluny del valor a assolir.

1.2.1.2 Ventanas

Para la ventana como un único componente (ver EN 10077): $U_{W, instalada} \leq 0.85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Para el valor-g y el valor- U_g del vidrio: $g \geq 1.6 \text{ W/(m}^2\text{K)} \geq U_g$

Figura 11 Transmissió finestres Font: PassiveHaus Institut

2.2.7. Estudi d'ombres

A continuació podem observar varies captures de com afecta el pas del sol a les façanes Nord-est i Sud-oest amb les seves obertures durant unes hores i mesos representatius per poder fer-ne un estudi correctament.

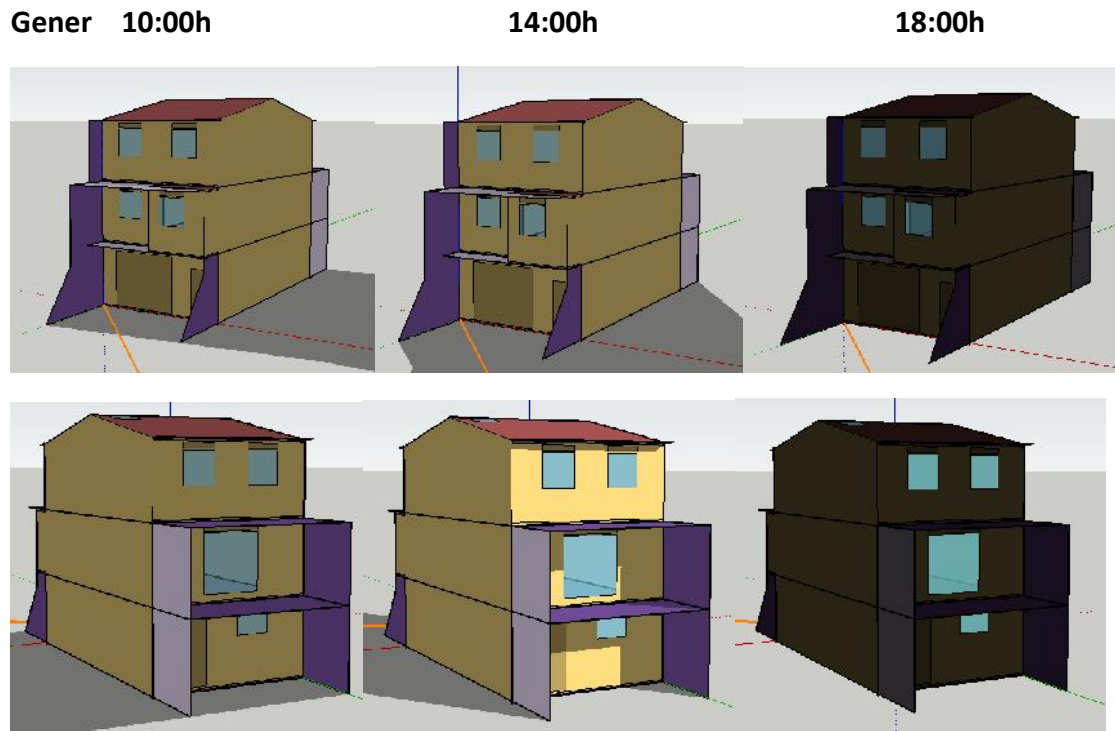


Figura 12 Estudi del pas del sol Gener Font: Elaboració pròpia

Al gener coincidint amb les temperatures mes baixes de l'any i l'època en que menys hores de sol hi ha veiem que les façanes estan molt poc insolades, problema difícil de resoldre ja que totes les Hombres projectades son del propi edifici o dels edificis veïns.

Abril 10:00h

14:00h

18:00h

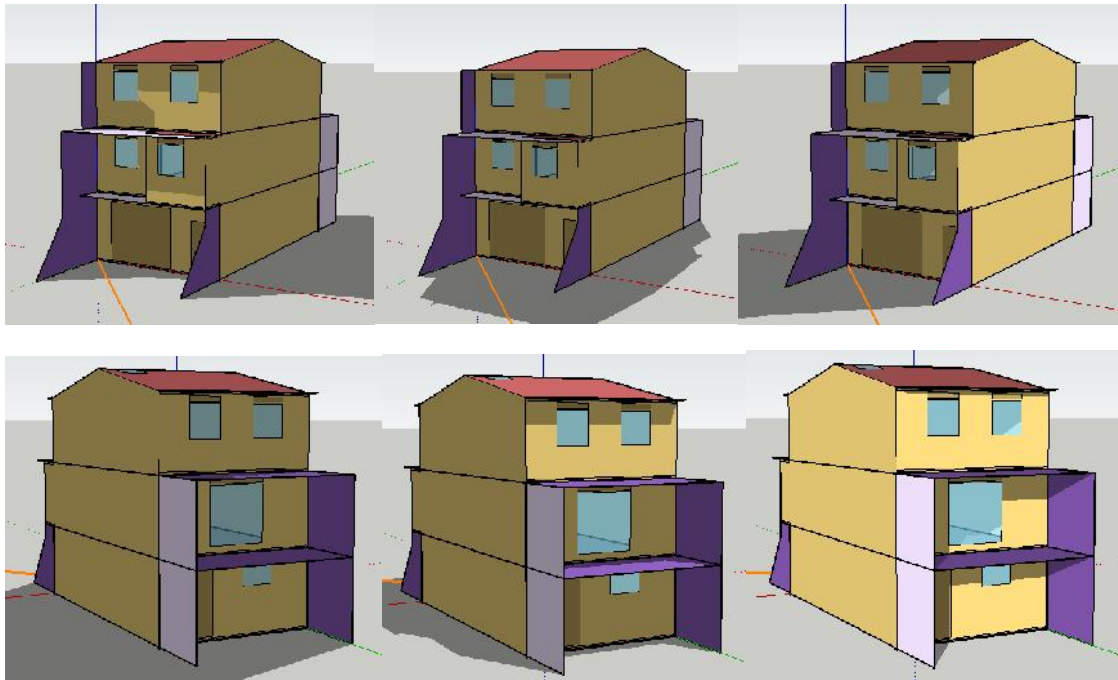


Figura 13 Estudi del pas del sol Abril Font: Elaboració pròpia

Al abril s'observa un major equilibri d'ombreig es una epoca de l'any on l'edifici funciona passivament amb un ús correcte ja que les temperatures son moderades i l'insolacio que reben les façanes tambe, la temperatura a la nit baixa i durant el dia es agradable.

Juliol 10:00h

14:00h

18:00h

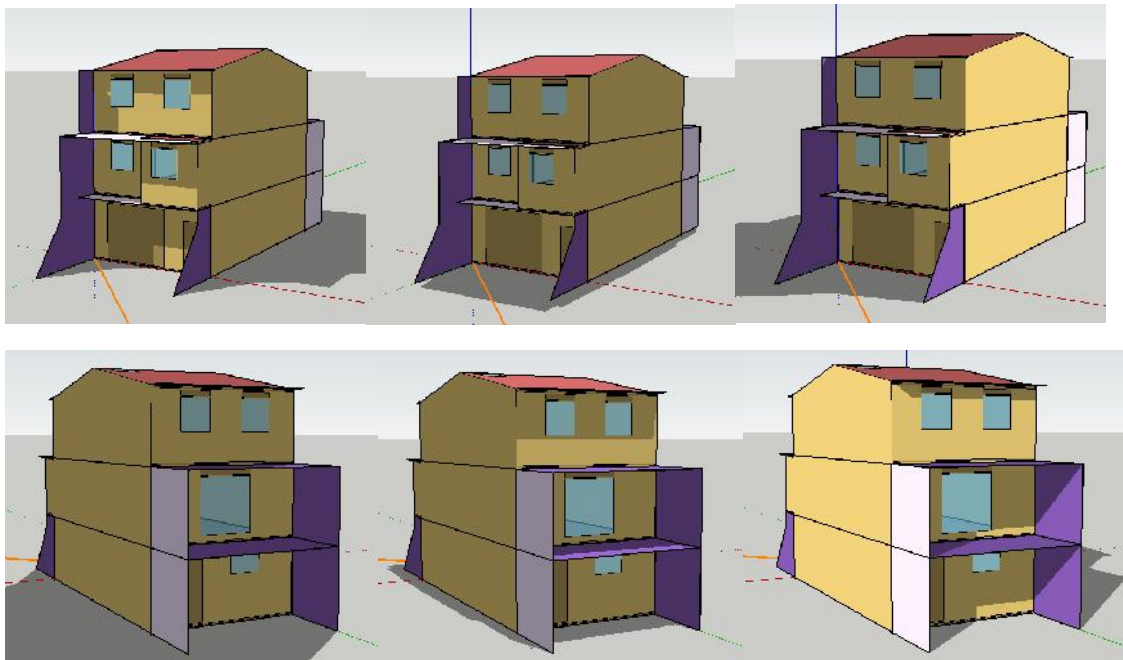


Figura 14 Estudi del pas del sol Juliol Font: Elaboració pròpia

Al mes de juliol es pot observar que a primeres hres del mati la façana Nord-Est rep insolació, i a partir de les 14:00h la façana Sud-Oest es la que rep més insolació, aquest fet és molt rellevant ja que les dues finestres de la P2 estan insolades durant unes 7 hores diàries i no disposen d'element d'ombra addicional.

Setembre 10:00h

14:00h

18:00h

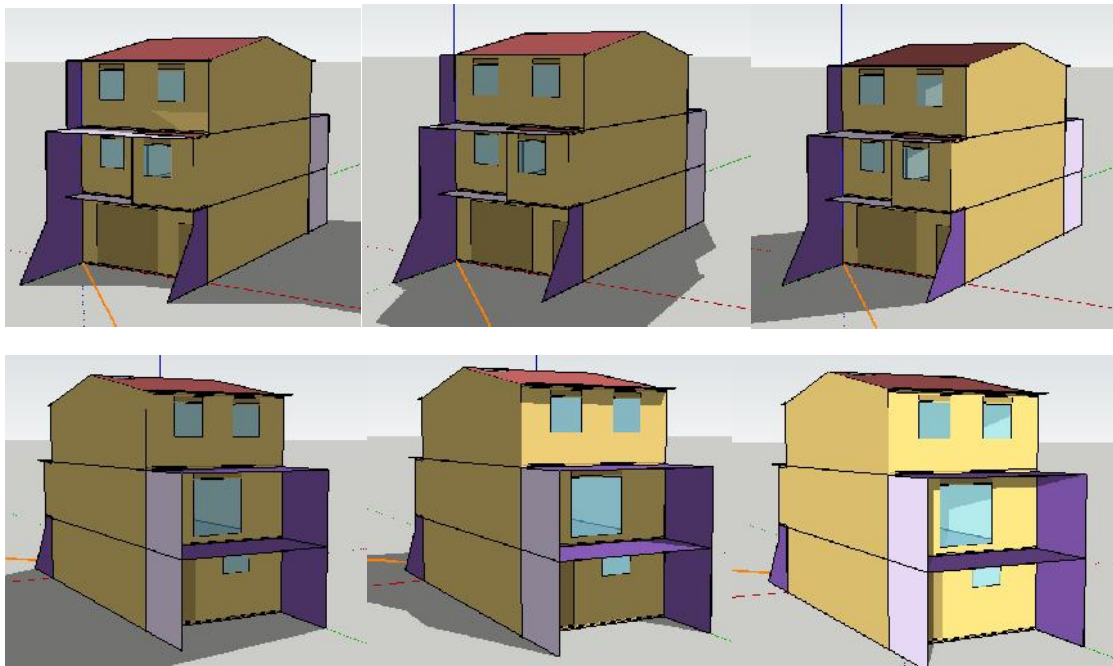


Figura 15 Estudi del pas del sol Setembre Font: Elaboració pròpia

Al Setembre encara que les temperatures no son tant altes com al juliol s'observa clarament l'excés d'insolació que rep la façana Sud-Oest, en canvi la façana Nord-Est pràcticament no rep insolació tret de primera hora del mati.

3. Estudi de demanda energètica

L'estudi de demanda energètica ha estat realitzat mitjançant la combinació dels programes Sketchup com a Base de dibuix tridimensional i Openstudio/energypplus com a base de dades i de càlcul, configuració de materials i programa de càlcul de demanda.

L'estudi es pot dividir en tres parts, la fase de dibuix utilitzant Sketchup i la fase de configuració de l'edifici, i la fase d'estudi de resultats obtinguts.

3.1. Fase de dibuix

Primerament s'ha realitzat la base constructiva en tres dimensions per plantes, es configuren els diferent tancaments, cobertes, parets de façana i parets mitgeres i a continuació s'orienta aquesta base.

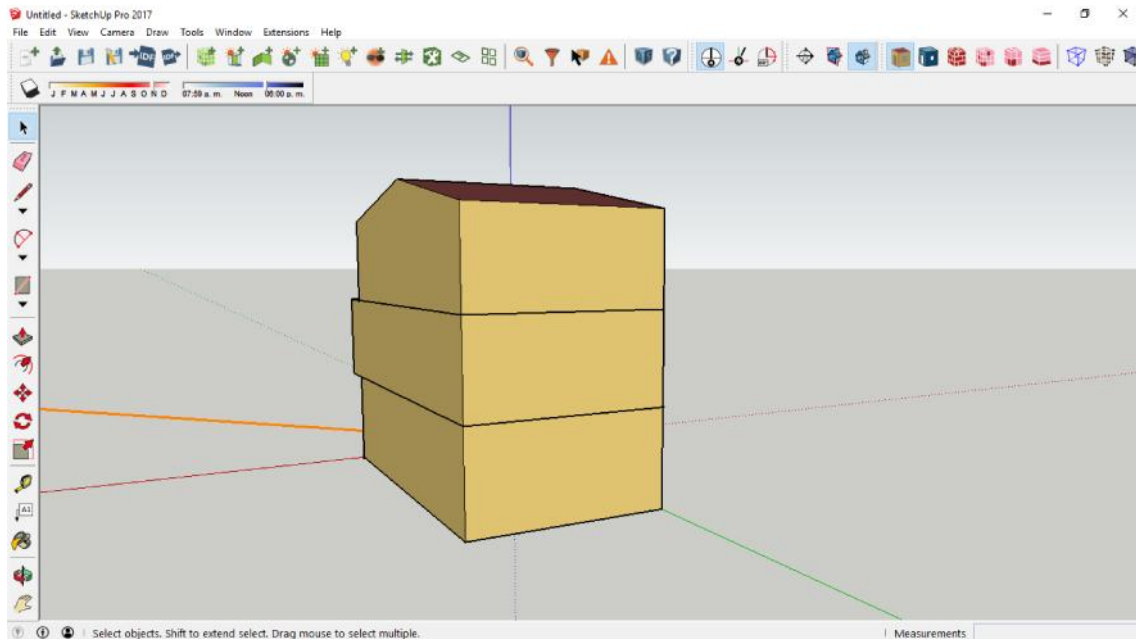


Figura 16 Base de dibuix Font: Elaboració pròpia

El pas següent es definir les zones tèrmiques, en aquest cas dues, la zona tèrmica 1 es la planta baixa, i les plantes primera i segona conformen la zona tèrmica 2.

A continuació es creen i configuren les obertures exteriors, es a dir portes, finestres i registres de persiana.

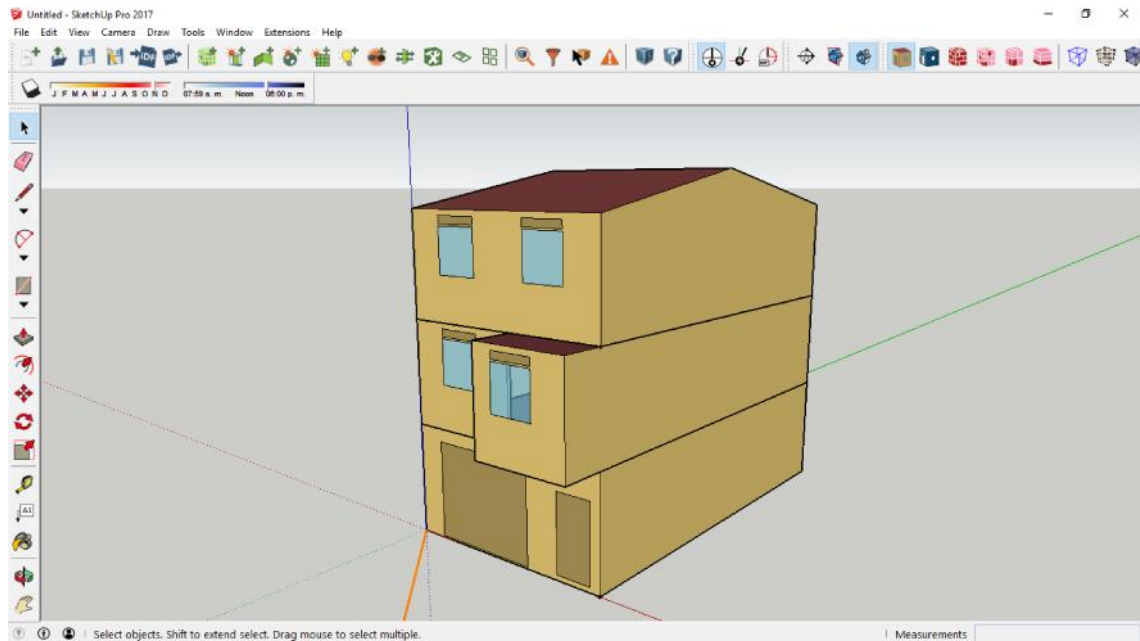


Figura 17 Base amb obertures Font: Elaboració pròpia

El següent pas es crear els ponts tèrmics, ja que el programa de càlcul no té una manera definida per a calcular aquest tipus de (pèrdua), una de les maneres de crear els ponts tèrmics es fer una obertura d'un gruix mínim al llarg de la zona on estaria el pont tèrmic i posteriorment configurar aquestes obertures amb les característiques tèrmiques d'un pont tèrmic.

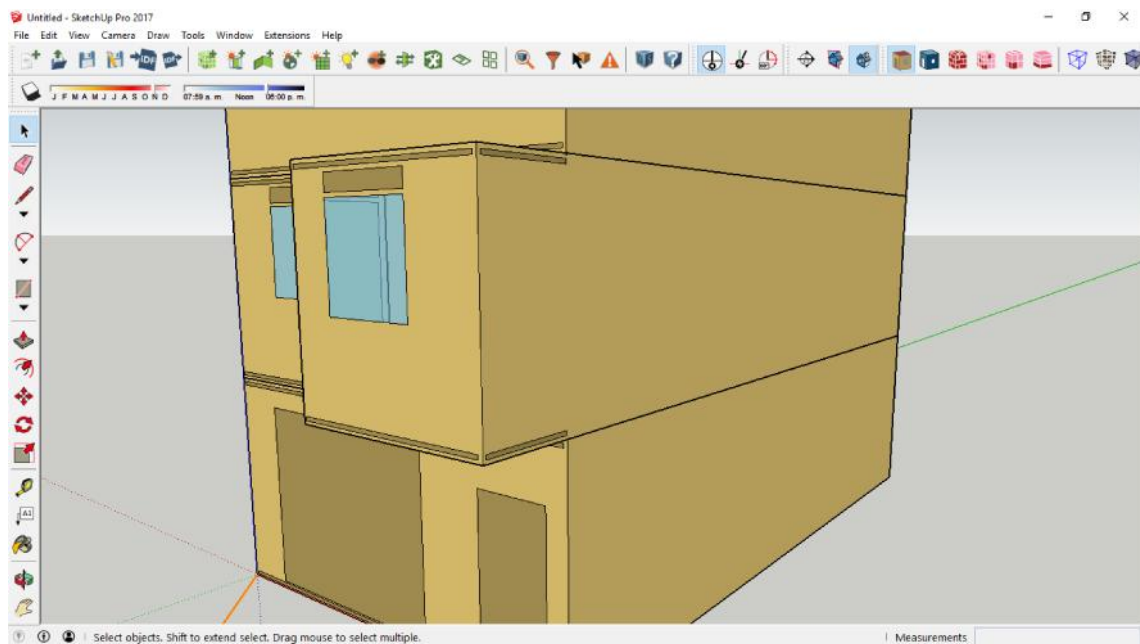


Figura 18 Base amb PT Font: Elaboració pròpia

L'últim pas de la part de dibuix es crear les ombres tant les proporcionades pel propi edifici com les proporcionades per altres elements o edificis.

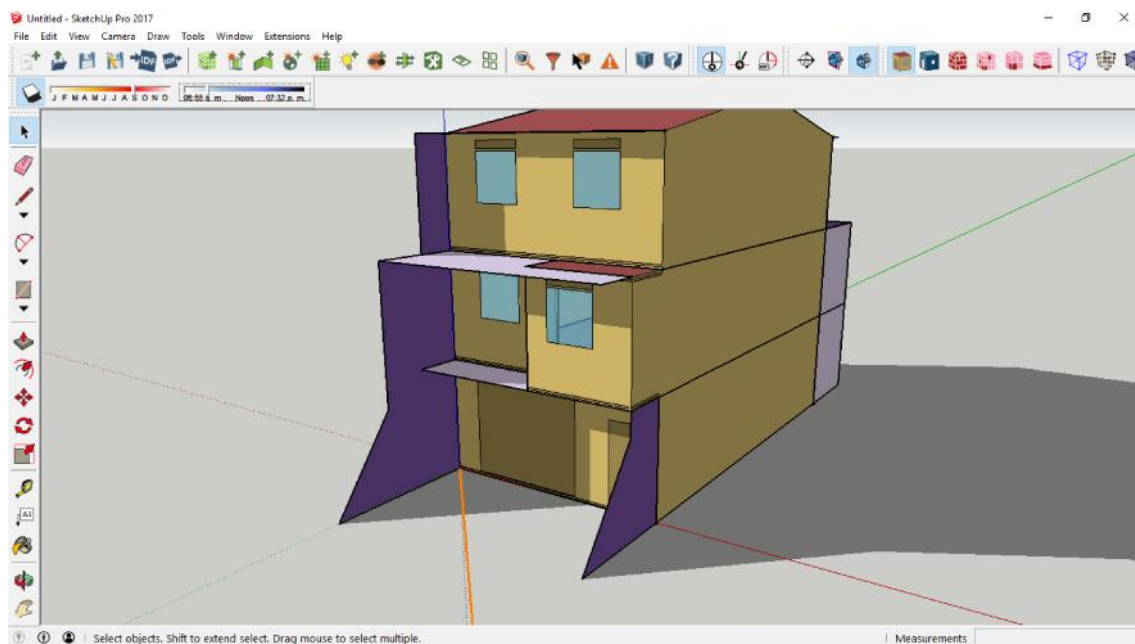


Figura 19 Base amb ombres Font: Elaboració pròpia

3.2. Configuració de l'edifici

3.2.1. Zona climàtica

El primer pas es descarregar i utilitzar el fitxer climàtic de la zona a la que pertany l'edifici en aquest cas la zona D3.

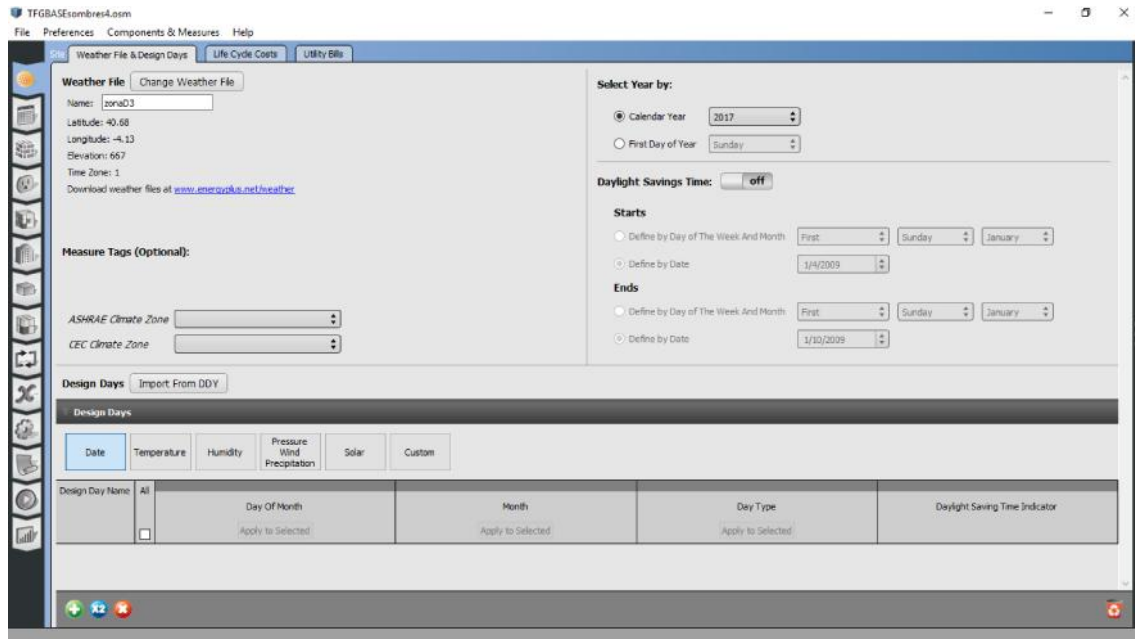


Figura 20 Captura OS Dades climàtiques Font: OpenStudio

3.2.2. Configuració dels tancaments

Primerament es creen i/o modifiquen les característiques tècniques de tots els materials necessaris, per a la configuració de tot l'edifici.

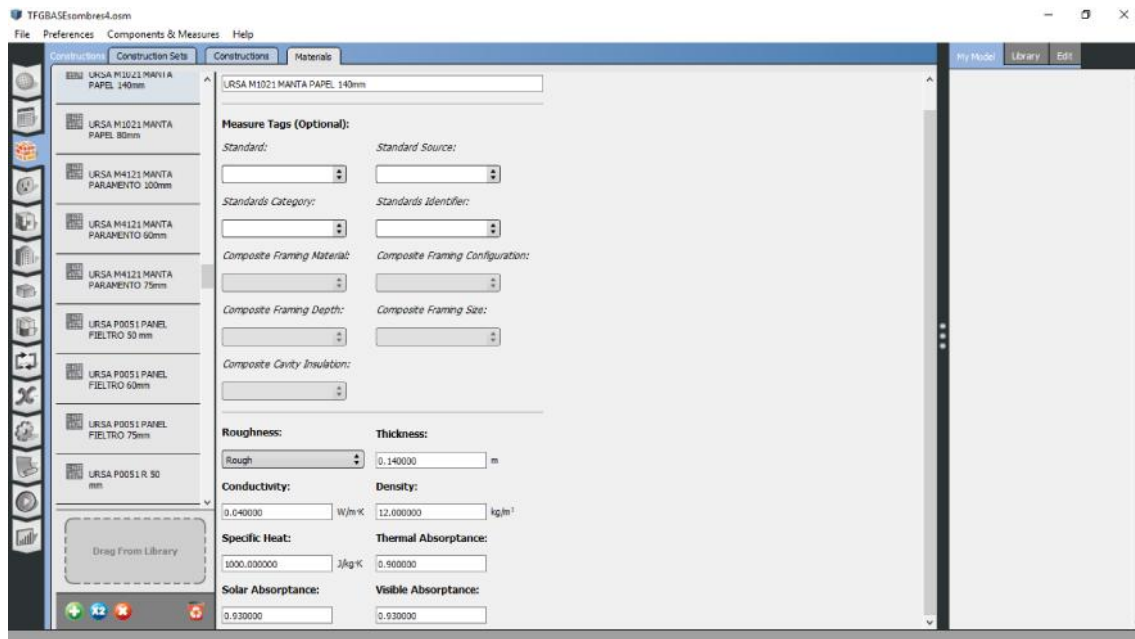


Figura 21 Captura OS tancaments Font: OpenStudio

Posteriorment amb els materials es configuren les diferents capes de tots els elements constructius de que disposa l'edifici.

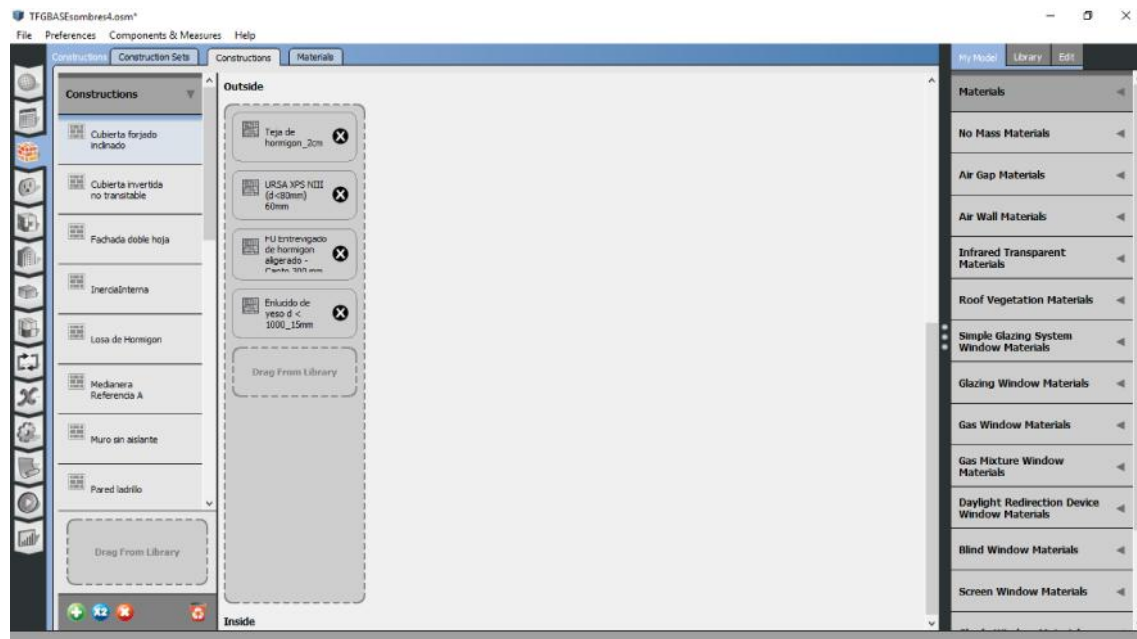


Figura 22 Captura Construccions Font: OpenStudio

Finalment s'assigna cada element creat a cada tipus de tancaments.

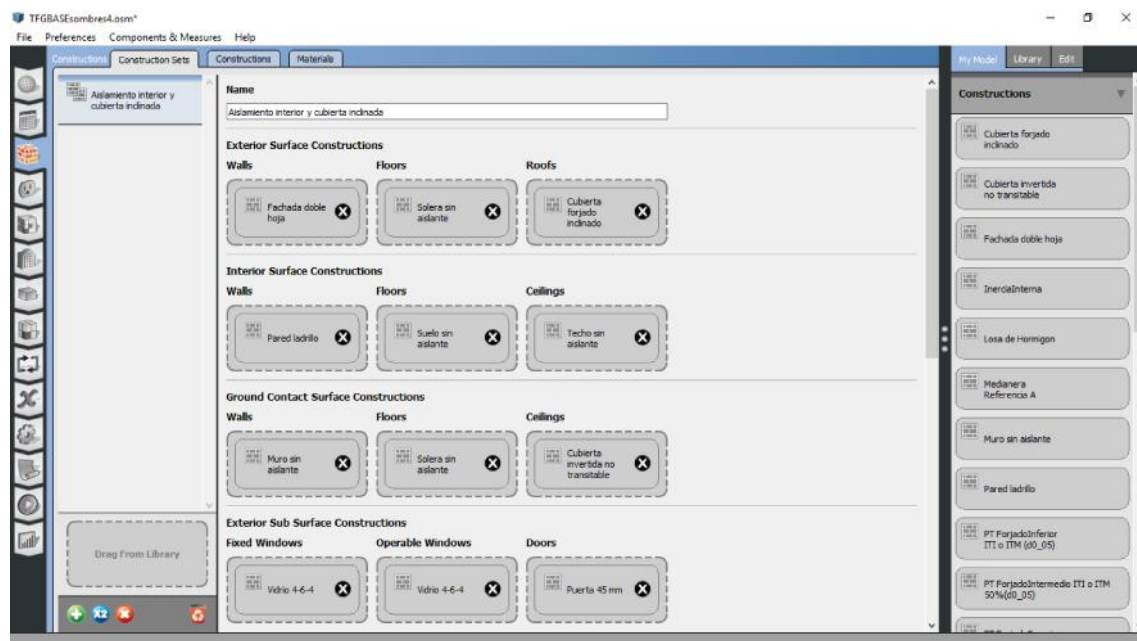


Figura 23 Captura tipus tancaments OS Font: OpenStudio

3.2.3. Horaris

Cada aparell, sistema o ocupació te un horari o termòstat, per tant creen i s'assignen tots els horaris necessaris per aparells, sistemes o ocupacions.

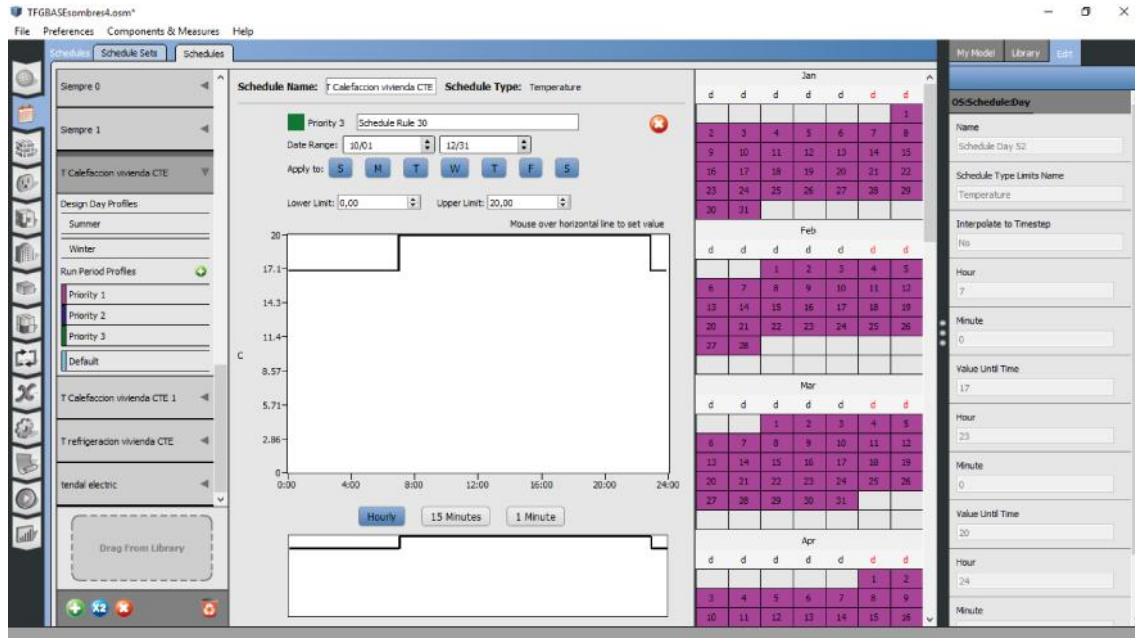


Figura 24 Captura OS horaris Font: OpenStudio

A continuació s'assignen els horaris necessaris a cada sistema o carrega.

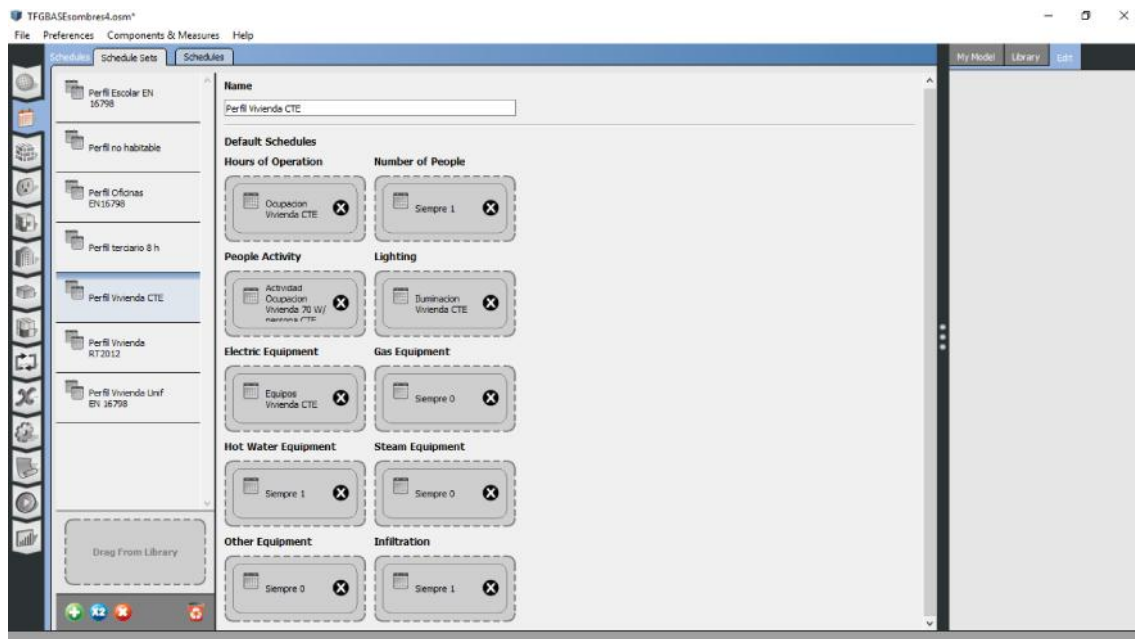


Figura 25 Captura OS assignació d'horaris Font: OpenStudio

3.2.4. Càrregues

S'entén com a càrrega tot allò que té un consum per a l'edifici, es a dir des de la il·luminació fins a l'ocupació de l'habitatge.

Com s'ha fet amb els materials i horaris es creen també els equips a utilitzar i s'assignen amb els horaris corresponents.

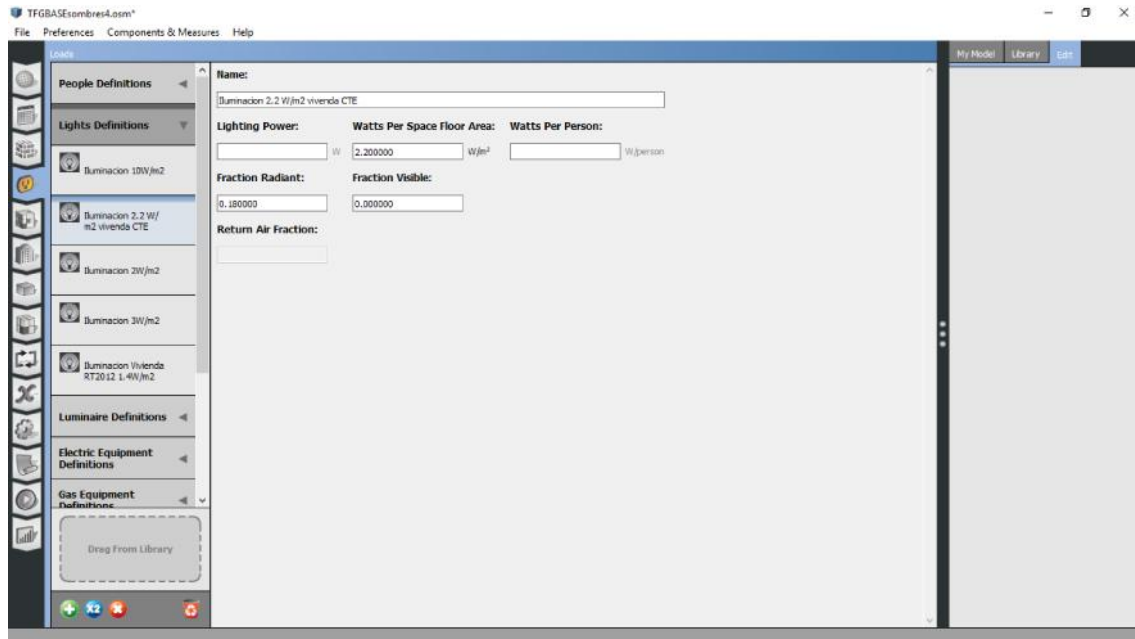


Figura 26 Captura OS Carregues Font: OpenStudio

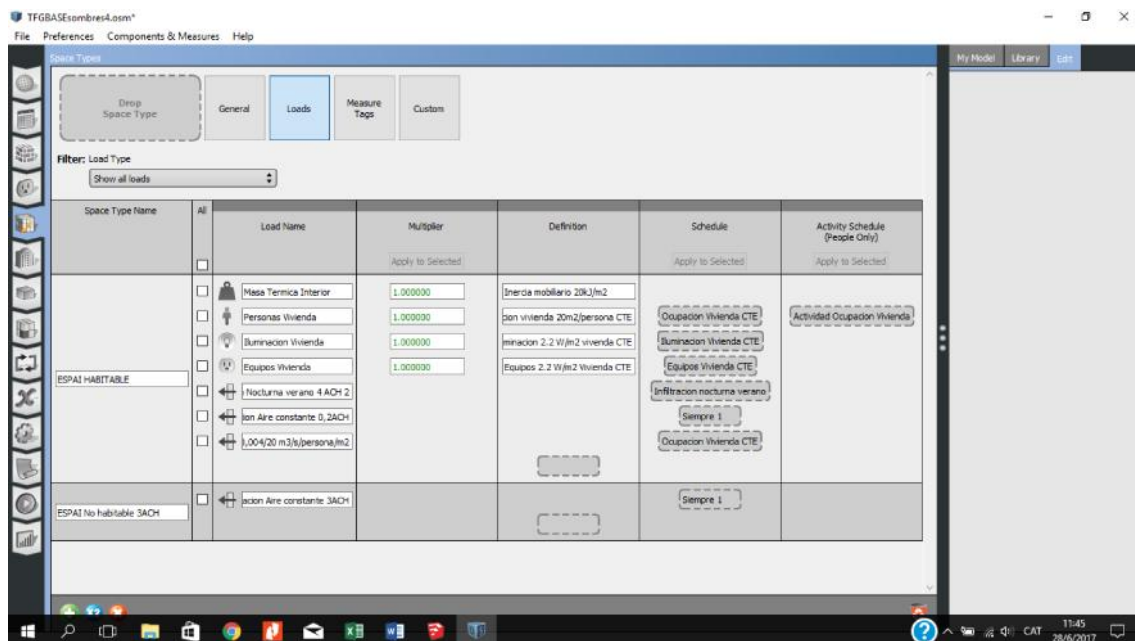


Figura 27 Captura OS Assignació de carregues Font: OpenStudio

3.2.5. Sistemes

En aquest apartat s'ha decidit calcular la demanda mitjançant "district heating" i "district cooling" es a dir sense definir un sistema en concret per calefacció i refrigeració.

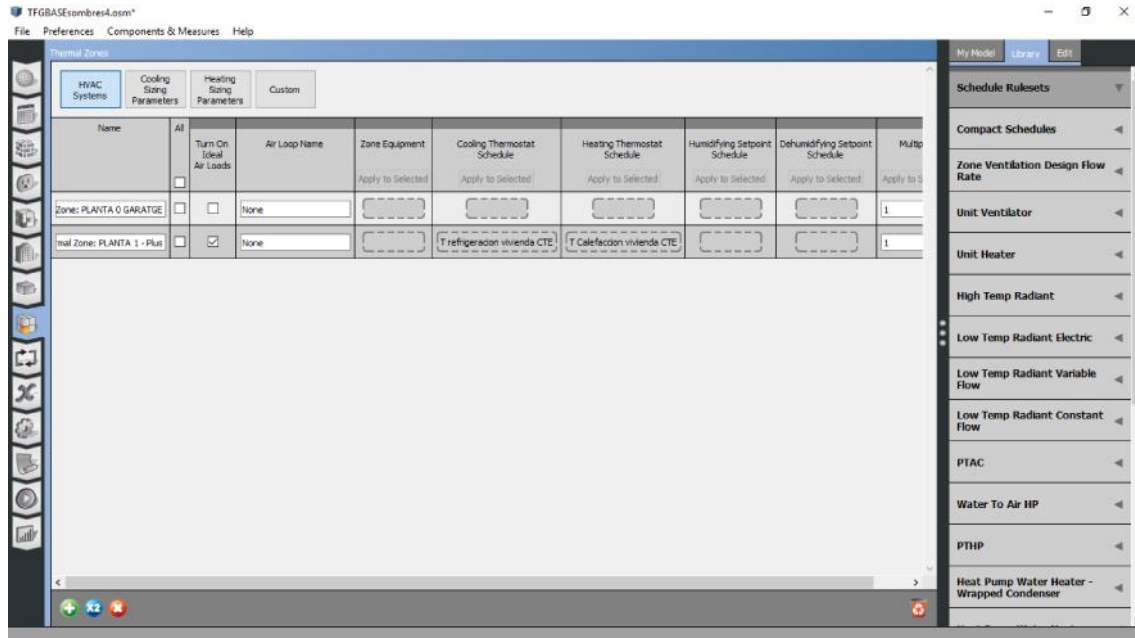


Figura 28 Captura OS Sistemes Font: OpenStudio

D'aquesta manera obtindrem un consum diferenciat entre refrigeració, calefacció i aparells en les mateixes unitats, el qual ens facilitarà l'anàlisi.

3.2.6. Estudi de resultats obtinguts

Al ja tenir tot l'edifici configurat en l'estat actual es procedeix a llençar el càlcul.

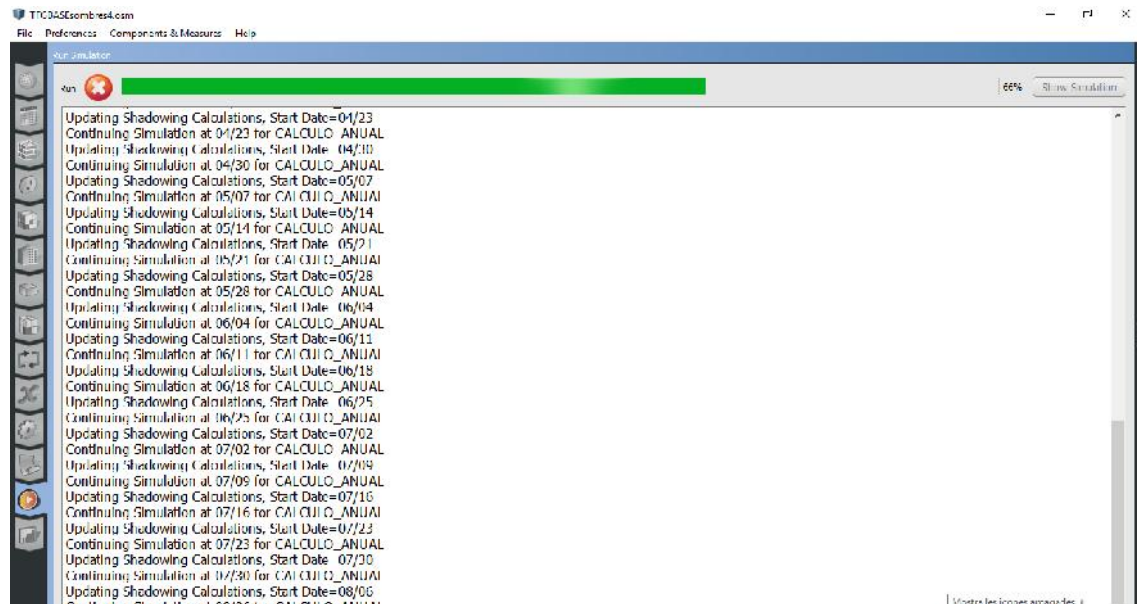


Figura 29 Captura OS RUN Font: OpenStudio

	Electricity [GJ]	Natural Gas [GJ]	Additional Fuel [GJ]	District Cooling [GJ]	District Heating [GJ]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	24.57	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	12.00	0.00	0.00
Interior Lighting	3.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	3.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	6.91	0.00	0.00	12.00	24.57	0.00

Taula 2 Resultats OS GJ Captura OS Font: OpenStudio

Com s'observa en la taula anterior l'edifici té una demanda de calefacció anual de 24,57 GJ es a dir 6825 kWh i una demanda de refrigeració de 12 GJ es a dir 3333,33 kWh.

En total sumant-li el consum dels aparells i il·luminació el que obtenim es un consum de 12077 kWh.

Si es divideix el consum de calefacció i refrigeració entre la superfície total a climatitzada 108,28 m² s'obté un consum de 63,03 kWh/m² per a calefacció i 30,78 kWh/m² per a refrigeració 93,82 kWh/m² total.

Segons els criteris EnerPHit la demanda de calefacció no pot excedir els 20 kWh/m² i la demanda de refrigeració els 15 kWh/m², per tant s'ha de disminuir molt la demanda actual si es vol aconseguir un resultat que compleixi amb els requisits EnerPhit.

Zona climática de acuerdo al PHPP	Calefacción	Refrigeración
	Demanda de calefacción máxima	Demanda de refrigeración + deshumidificación máxima
	[kWh/(m²a)]	[kWh/(m²a)]
Polar	35	igual al requerimiento para Casa Pasiva
Frio	30	
Frio - templado	25	
Cálido - templado	20	
Cálido	15	
Caluroso	-	
Muy caluroso	-	

4. Propostes de millora per obtenir una major eficiència energètica

Per intentar obtenir la millor eficiència energètica possible, el que es proposen es 4 mesures:

- 1. Adició d'aïllament per l'exterior en parets de façana i aïllament de coberta.**
- 2. Col·locació d'elements d'ombreig a les obertures mes problemàtiques**
- 3. Substitució de finestres actuals**
- 4. Instal·lació d'un recuperador de calor**

4.1. Adició d'aïllament per l'exterior en parets de façana i aïllament de coberta.

4.1.1. Justificació

Tenint en compte que la major part de les pèrdues de calor, entorn al 50% es produeixen per la façana i la coberta s'ha decidit actuar en aquests dos aspectes.

4.1.2. Adició d'aïllament per l'exterior en parets de façana

Per que aïllar per l'exterior? Aïllar per l'exterior de la façana suposa una sèrie d'avantatges com són, la facilitat d'evitar ponts tèrmics, no molestar els propietaris durant l'obra i no disminuir l'àrea útil de l'habitatge. L'únic inconvenient d'aquest sistema és la modificació de la façana.

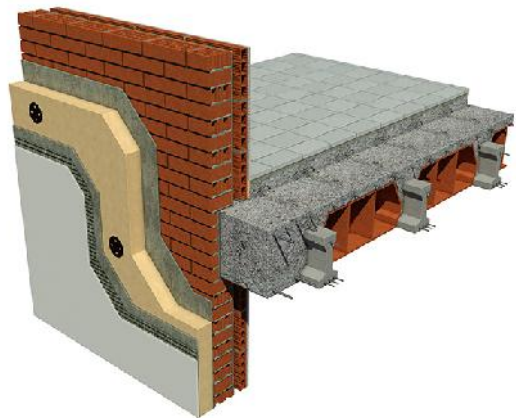


Figura 30 SATE 3D Font:URSA

L'aïllament escollit es:

Panell de poliestirè extruït URSA XPS, de superfície rugosa acanalada i mecanitzat lateral recte amb un gruix de 100mm que pot utilitzar-se dins d'un ampli marge de temperatures que abasta des -50°C fins a + 75°C.

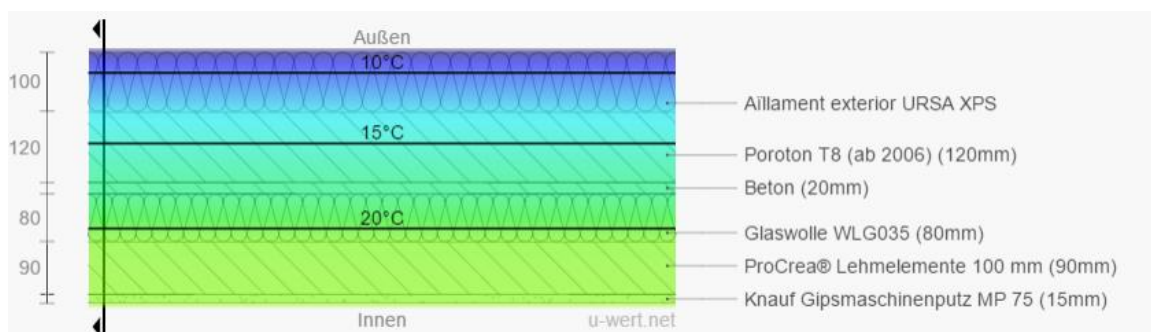
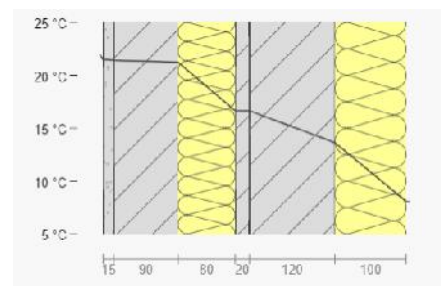


Figura 31 Façana amb SATE Font: u-wert.com

El nou Valor U: 0,146W / m² K aconseguit amb l'adició d'aïllament per l'exterior, ja compleix amb els requisits mínims exigits EnerPHit.

1.2.1.1 Envolverte opaca del edificio

Para aislamiento por el exterior: $f_t \cdot U \leq 0.15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Para aislamiento por el interior⁴: $f_t \cdot U \leq 0.35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Figura 32 Requisites Envolverte EnerPHit Font: PassiveHaus Institut

4.1.3. Aïllament de coberta

Per altra banda l'element que tenia el valor U mes baix era la coberta per tant, s'ha decidit actuar per reduir-la al màxim, la solució mes optima al disposar de fals sostre es l'adició d'aïllament entre el fals sostre i la coberta pròpiament dita.

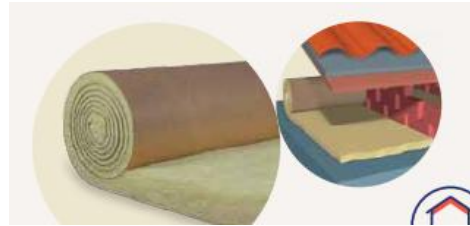
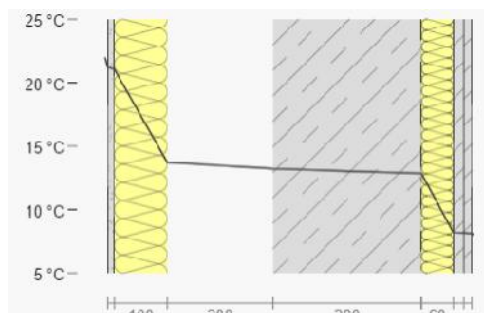


Figura 33 Aïllament de coberta Font: URSA

Aquesta solució ens aporta varis avantatges ja que la col·locació es fàcil i rapida, a mes de que l'aïllament es pot comprar en rotlle i no comporta la pèrdua d'espai a l'interior de l'habitatge.



L'aïllament escollit en aquest cas es: Manta de llana mineral URSA TERRA no hidròfila, recoberta amb un paper kraft com a barrera de vapor. Subministrada en rotlle.

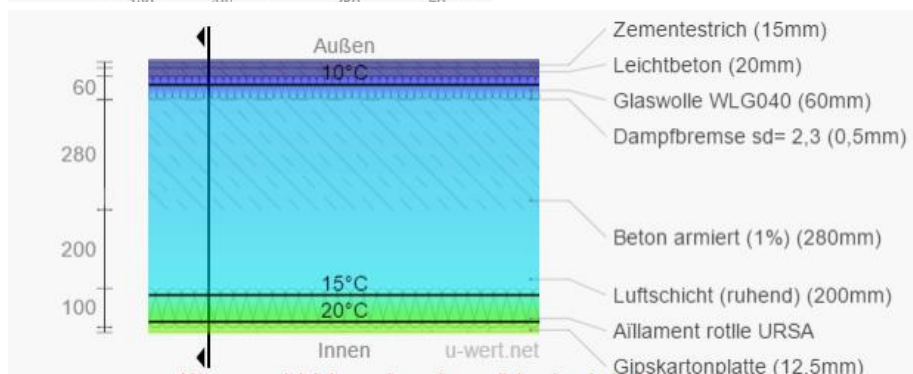


Figura 34 Coberta amb aïllament Font: u-wert.com

El nou Valor U: $0,228 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ aconseguit amb l'adició d'aïllament sota coberta, ja compleix amb els requisits mínims exigits EnerPHit.

2.8.2 Cubierta

$$U \leq 0.35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Figura 35 Requisits coberta EnerPHit Font: Passivehaus

4.1.4. Resultats obtinguts

	Cooling kWh	Heating kWh	%millora cooling	%millora heating	%millora REAL	kWh/m ²
ESTAT ACTUAL	3333,33	6825	-	-	-	93,82
E. A. + SATE+COBERTA	3100	5347,22	7,00	21,65	16,84	78,01

Taula 3 Resultats aïllament Font: elaboració pròpia

La taula reflexa la gran millora obtinguda amb l'adició d'aïllaments en façana i coberta, tenim millora tant en refrigeració com en calefacció, i en total el consum baixa 16.84%.

4.2. Col·locació d'elements d'ombreig a les obertures mes problemàtiques

4.2.1. Justificació

Després de realitzar l'estudi d'ombreig i analitzar els resultats de l'estat actual, per intentar disminuir la demanda de refrigeració, la proposta que s'ha cregut més adequada ha estat aplicar elements d'ombreig addicionals.

4.2.2. Col·locació d'elements d'ombreig

Com s'ha vist anteriorment en l'estudi del pas del sol, encara que l'edifici no presenta grans problemes d'insolació hi han varies obertures que estan molt exposades al sol, per tant a mètodo d'assaig-error, s'ha implantat varis elements d'ombreig fixes. El cost d'aquests elements es relativament baix i la instal·lació es senzilla

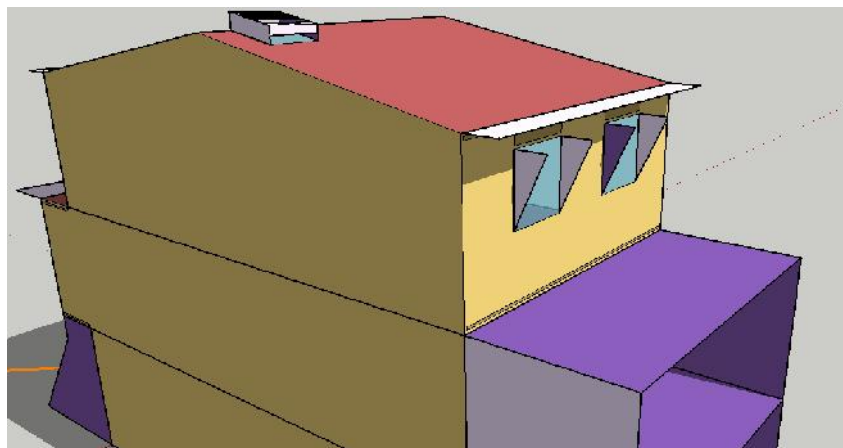


Figura 36 Elements d'ombra Font:elaboració pròpia

4.2.3. Resultats obtinguts

	Cooling kWh	Heating kWh	%millora cooling	%millora heating	%millora REAL	kWh/m ²
ESTAT ACTUAL	3333,33	6825	-	-	-	93,82
E. A. + SATE+COBERTA	3100	5347,22	7,00	21,65	16,84	78,01
E. A. + OMBREIG	3025	7086,11	9,25	-3,83	0,46	93,38

Taula 4 Resultats ombreig Font: elaboració pròpia

Com es pot comprovar hi ha una millora rellevant en refrigeració però en canvi en calefacció la demanda puja un 3.83%, al tenir molta mes demanda de calefacció que de

refrigeració el percentatge de millora real reflexa la poca millora obtinguda amb aquests elements, per tant es decideix descartar aquesta opció.

4.3. Substitució de finestres actuals

4.3.1. Justificació

Després d'analitzar l'estat actual el que veiem es que les finestres tenen una transmitància tèrmica elevada en comparativa al que s'utilitza en edificis passius.

Les pèrdues a l'hivern i guanys a l'estiu de calor per les obertures suposen entorn a un 15% de la demanda de l'edifici. Per tant s'ha optat per la substitució de les finestres per unes de molta major qualitat tèrmica.

4.3.2. Substitució de finestres

Les finestres actuals, de doble càmera tenen unes característiques que es poden millorar, primer es va contemplar l'opció de canviar solament la part del vidre però si es revisa les característiques de la perfilaria l'ample d'aquesta no permet un triple vidre amb cambra d'aire que es volia instal·lar per tant el que s'ha decidit es canviar la perfilaria d'alumini i els vidres conjuntament.

Al canviar de perfilaria es pot escollir diferents materials amb menys conductivitat que l'alumini actual, com el PVC o la fusta.

La perfilaria escollida ha estat Finestra sistema IV78 Climatrend de Roman Clavero

Fusta laminada de pi secció de fulla 78 x 78 mm i de marc 78 x 78 mm amb una capacitat per al vidre de 31 a 42 mm de gruix.

Doble junta d'estanqueïtat de goma de cautxú termoplàstica en fulla.



Figura 37 Detall perfilaria
Font: Roman Clavero

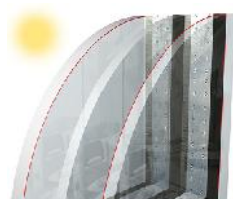


Figura 38 Triple vidre
baix emissiu Font: Saint
Gobain

Per altra banda la vidraria escollida ha estat; triple envidriament SGG CLIMALIT PLUS XN F2 F5 6/(14 argó 90%)/4/(14 argó 90%)/4 "SAINT GOBAIN", conjunt format per vidre exterior PLANITHERM XN de 6 mm, amb capa de baixa emissió tèrmica incorporada en la cara interior, dues cambres deshidratades omplertes de gas argó amb perfil separador d'alumini

i doble segellat perimetral, de 14 mm de gruix cadascuna, vidre intermedi PLANICLEAR incolor de 4 mm i vidre interior PLANITHERM XN de 4 mm, amb capa de baixa emissió tèrmica incorporada en la cara exterior.

La conductivitat tèrmica del marc es de 1.3 W/m²K i la dels vidres es de 0.5 W/m²K, el factor solar es de 0.4 per tant;

$$UH=(1-FM) \times UH,v + FM \times UH,m = (1-0.2) \times 0.5 + 0.2 \times 1.3 = 0.65 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Si el comparen amb el que demana Passivhaus es pot comprovar que compleix sobradament els requisits:

1.2.1.2 Ventanas	
Para la ventana como un único componente (ver EN 10077):	$U_{W, instalada} \leq 0.85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Para el valor-g y el valor-U _g del vidrio:	$g + 1.6 \text{ W/(m}^2\text{K)} \geq U_g$

Figura 39 Requisits finestres Font: Passivhaus Institute

4.3.3. Resultats obtinguts:

	Cooling kWh	Heating kWh	%millora cooling	%millora heating	%millora REAL	kWh/m ²
ESTAT ACTUAL	3333,33	6825	-	-	-	93,82
E. A. + SATE+COBERTA	3100	5347,22	7,00	21,65	16,84	78,01
E. A. + OMBREIG	3025	7086,11	9,25	-3,83	0,46	93,38
E. A. + PERFILARIA + VIDRES BE	2608,33	5652,77	21,75	17,18	18,68	76,29
E. A. + (SATE+COBERTA)+(PERF. + VIDRES BE)	2361,11	4291,66	29,17	37,12	34,51	61,44

Taula 5 Resultats millores passives Font: elaboració pròpia

Amb la substitució dels vidres s'ha aconseguit una notable millora tant en refrigeració com en calefacció de manera molt equivalent, obtenint en total una disminució total de 18,68% de la demanda energètica anual.

Si combinem l'adició d'aïllament amb la substitució de les finestres, obtenim una millora d'un 34.51% en la demanda de l'edifici, molt remarcable però com es pot comprovar en

el consum de 61.44 kWh/m² anual, dels quals 21.8 kWh/m² pertanyen a demanda de refrigeració i 39.6 kWh/m² a demanda de calefacció, encara queda molt a millorar per intentar aproximar-se al màxim a l'estàndard EnerPHit, segons aquest la demanda de calefacció no pot excedir els 20 kWh/m² i la demanda de refrigeració els 15 kWh/m².

4.4. Instal·lació d'un recuperador de calor

4.4.1. Justificació

Tot l'aire que s'expulsa a través de la ventilació de l'edifici és aire amb la temperatura de l'interior de l'edifici que es reposa amb aire amb la temperatura exterior, fet que provoca que l'edifici, per molt ben construït tèrmicament que estigui el que fa es expulsar kWh constantment a l'exterior per reposar-los mitjançant els sistemes de climatització. És per aquest motiu que es creu que la proposta més adequada per minimitzar al màxim aquestes pèrdues és la instal·lació d'un recuperador de calor.

4.4.1. Instal·lació d'un recuperador de calor

El benestar de les persones depèn de la seva salut i del confort que els proporciona el lloc on realitzen la major part de la seva activitat. Per aconseguir un confort adequat, la qualitat de l'aire en l'ambient interior ha de ser alta. Per això, una bona ventilació en els habitatges es converteix en una cosa indispensable.

Un dels principis PassiveHaus és el d'aconseguir un confort tèrmic, i per això recomana que en els mesos d'estiu no es superi el 10% d'hores anuals amb una temperatura superior a 25°C.

La ventilació existent en aquest habitatge, és natural. Això consisteix en el subministrament i extracció d'aire gràcies a les obertures de l'edifici, sense fer servir cap tipus de ventilador o sistema mecànic.

Això pot ser la causa d'un sobreescalfament dins de l'habitatge així com una despesa i extra de calefacció. L'habitatge disposa d'extractor a la cuina, el qual no es considerarà en els càlculs.

La possibilitat d'instal·lar una ventilació mecànica, significa instal·lar un conducte que s'extregui l'aire que prové de les obertures. Aquesta ventilació seguirà sent insuficient per evitar el sobreescalfament i el consum excessiu de calefacció.

Per això, una bona solució seria la instal·lació d'un sistema de ventilació amb recuperació de calor de doble flux. Aquest sistema consisteix en dos circuits de ventilació, un per l'aire fred i un altre per l'aire calent. Aquest cabal d'aire passarà a través del que s'anomena un intercanviador de calor el qual permetrà que l'aire exterior que entra fred s'escalfi gràcies a la calor transmesa per aire calent extret de l'interior de l'habitatge. El

que dóna lloc a un subministrament d'aire net i calent a l'hivern o be net i fred per als mesos d'estiu.

Aquest sistema ajuda a estalviar calefacció i aire condicionat, a més de millorar la qualitat de aire interior donant lloc al confort ambiental desitjat. La bona ventilació també ajuda a reduir la humitat i per tant prevenir les condensacions.

Degut a la complexitat del sistema, s'ha optat per obtenir un amidament de la part de conductes d'un projecte amb característiques molt similars al actual i agafar-lo com a referència per aquest projecte, escollint així un model de recuperador de calor adient i agafant com a referència els amidaments i pressupost de la ventilació forçada del projecte similar.

Així doncs es compta amb un cabal d'aire de $316\text{m}^3/\text{h}$, i un cost total de 23344,73€.

El recuperador de calor escollit es:

AKOR ST HR; VMC de doble flux, per a habitatges unifamiliars, amb intercanviador de calor de fluxos creuats, amb un rendiment de fins al 92%.

El rendiment d'aquest varia segons el cabal d'aire en aquest cas el cabal d'aire de $316\text{m}^3/\text{h}$ com s'observa a la taula aquest cabal implica un rendiment del 86% es a dir que el 86% del calor/fred que s'expulsa es reaprofita.

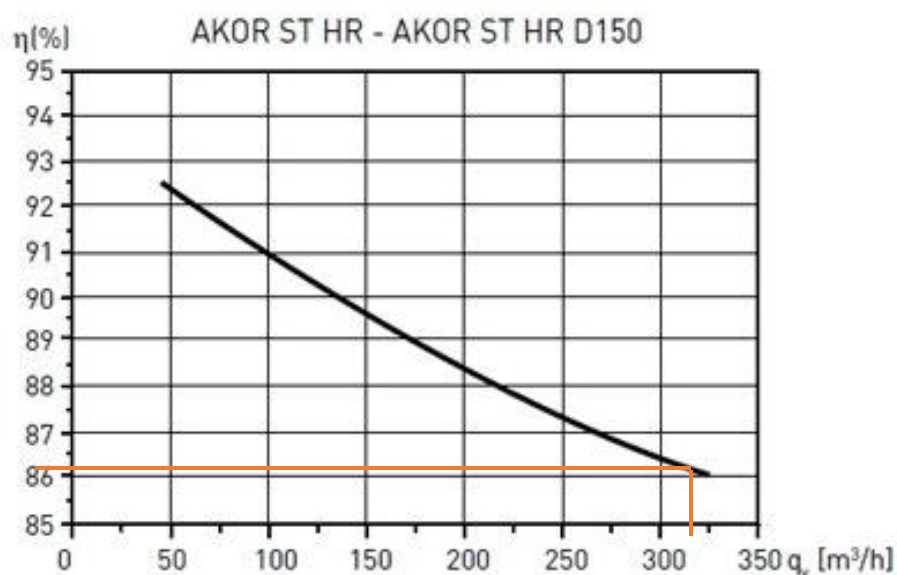


Figura 40 Rendiment-Cabal Font: ARKOR

4.4.2. Resultats obtinguts:

Segons l'estudi de demanda energètica de l'estat actual, en els mesos d'hivern, hi ha unes pèrdues de calor per infiltracions de 4475 kWh, i en els mesos d'estiu les pèrdues de "fred" són de 950 kWh. Per tant, tenint en compte els resultats obtinguts, amb el rendiment del recuperador de calor es pot considerar que;

	Cooling kWh	Heating kWh	%millora cooling	%millora heating	%millora REAL	kWh/m ²
ESTAT ACTUAL	3333,33	6825	-	-	-	93,82
E. A. + REC. CALOR	2516,33	2976,5	24,51	56,39	45,93	50,73

Taula 6 Resultats recuperador de calor Font: elaboració pròpia

Es a dir, amb la instal·lació del recuperador de calor estalviem un 50.73% en demanda de climatització.

Si ho combinem amb l'opció més favorable energèticament, es a dir amb l'adició d'aïllament i la substitució de les finestres, les pèrdues per infiltracions en aquest estat són de 3933.33 kWh de calefacció a l'hivern i 933.33 kWh de fred a l'estiu.

Per tant sabent el rendiment del sistema recuperador de calor podem concloure que en aquest cas es recuperaria; 3382,66 kWh en calefacció i 802.66 kWh en forma de fred a l'estiu.

4.5. Combinatòria de resultats:

Després de fer l'estudi de l'estat actual i de les propostes, les combinatòries que s'han proposat són les següents:

	Cooling kWh	Heating kWh	%millora cooling	%millora heating	%millora REAL	kWh/m ²
1. ESTAT ACTUAL	3333,33	6825	-	-	-	93,82
2. E. A. + SATE+COBERTA	3100	5347,22	7,00	21,65	16,84	78,01
3. E. A. + OMBREIG	3025	7086,11	9,25	-3,83	0,46	93,38
4. E. A. + PERFILARIA + VIDRES BE	2608,33	5652,77	21,75	17,18	18,68	76,29
5. E. A. + (SATE+COBERTA) + (PERFILARIA + VIDRES BE)	2361,11	4291,66	29,17	37,12	34,51	61,44
6. E. A. + REC. CALOR	2516,33	2976,5	24,51	56,39	45,93	50,73
7. E. A. + (REC. CALOR) + (SATE+COBERTA) + (PERFILARIA + VIDRES BE)	1558,45	909	53,25	86,68	75,71	22,79

Taula 7 Resultats combinatòries Font: elaboració pròpia

La taula demostra que per separat cap de les mesures pot funcionar per si sola, cal remarcar la notable millora amb el recuperador de calor, i juntament amb l'adició d'aïllament i la substitució de les finestres veiem una considerable reducció de la demanda per climatització, veiem que la demanda de calor es rebaixa molt notablement.

Finalment la combinació numero 7 ens compliria sobradament amb els requisits EnerPHit ja que la demanda de calefacció es queda en 8.39 kWh/m² i la de refrigeració en 14.39 kWh/m².

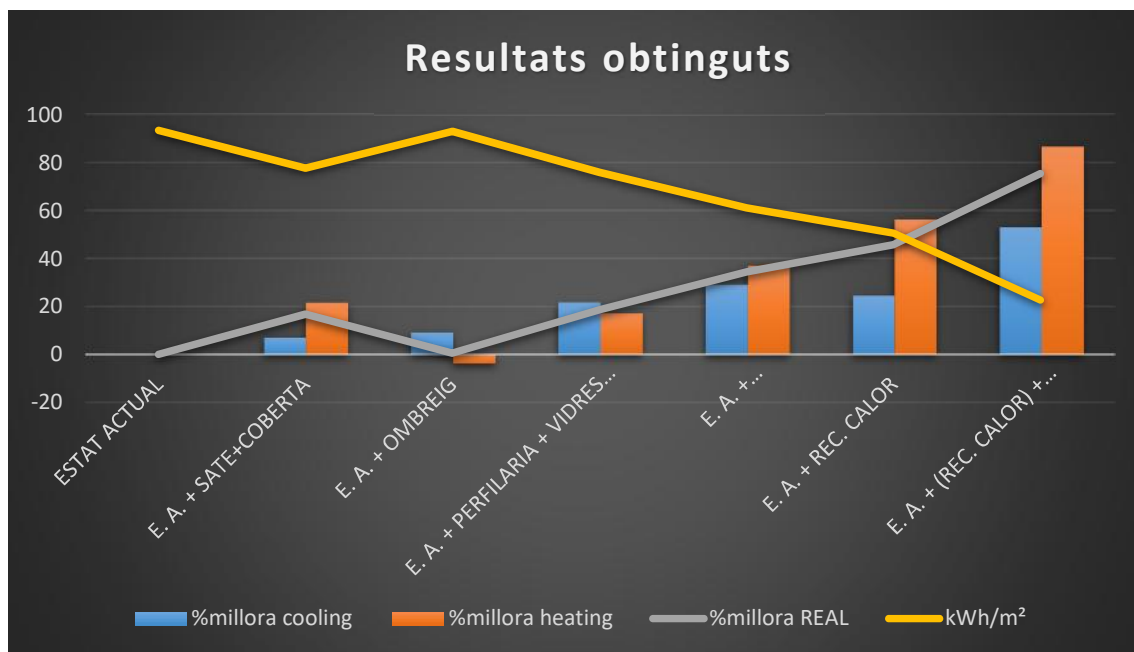


Figura 41 Gràfic combinatòria Font: elaboració pròpia

En la Figura 40 es pot observar gràficament la gran davallada en consum que obtenim segons la millora i el pes que comporta en la refrigeració i la calefacció.

5. Viabilitat econòmica

Com s'ha vist en el capítol 3, l'edifici té una demanda de calefacció 6825 kWh i una demanda de refrigeració de 3333,33 kWh. En total la demanda per climatitzar l'habitatge es de 93.82 kWh/m².

Si comparem aquests consums amb el consum real, ja que s'ha pogut revisar les factures d'electricitat i gasoil els consums son molt similars als dels últims dos anys, per tant es consideren com a vàlids per fer un estudi de viabilitat econòmica.

Per calcular la viabilitat econòmica de les propostes de millora s'ha tingut en compte un augment del preu de l'energia d'un 1.5% anual tant d'electricitat com de refrigeració.

Per fixar un preu real de s'ha comptabilitzat el preu mig pagat en factura per kWh després d'impostos i taxes i a partir d'aquí s'ha augmentat un 1.5% anual, tant en electricitat (refrigeració) com en gasoil (calefacció).

- El preu de partida serà per a electricitat: 0.207€/kW
- I per al gasoil: 0.91€/l

La caldera de gasoil instal·lada té un rendiment del 87% i els dos aparells de refrigeració tenen un COP de 2.4.

Es a dir els consums reals seran:

	Consum caldera en litres	Consum refrigeració kWh
ESTAT ACTUAL	786,05	1388,88
E. A. + SATE+COBERTA	615,85	1291,66
E. A. + OMBREIG	816,13	1260,41
E. A. + PERFILARIA + VIDRES BE	651,05	1086,80
E. A. + (SATE+COBERTA)+ (PERFILARIA + VIDRES BE)	494,28	983,79
E. A. + REC. CALOR	342,81	1048,47
E. A. + (REC. CALOR) + (SATE+COBERTA) + (PERFILARIA + VIDRES BE)	104,69	649,35

Taula 8 Consums aparells Font: elaboració pròpia

Amb la taula 8 i el resum següent del pressupost (taula 9) adjuntat en l'annex A06:

		RESUM PRESSUPOST	40.685,21	40.685,21
L	Capítol	Fusteria, vidres i proteccions solars	10.783,91	10.783,91
I	Capítol	Instal·lacions	23.344,73	23.344,73
N	Capítol	Aïllaments e impermeabilitzacions	6.556,57	6.556,57

Taula 9 Resum del pressupost Font: elaboració pròpia

Es procedeix a calcular tenint en compte tots els paràmetres anteriorment citats, els anys d'amortització de les propostes de millora:

	Cost calefacció €	Cost refrigeració €	Cost climatització Total €	PREU MILLORA €	Amortització del pagament
ESTAT ACTUAL	715,31	287,50	1002,81	-	-
E. A. + SATE+ COBERTA	560,43	267,38	827,80	6556,57	29 anys
E. A. + OMBREIG	742,68	260,91	1003,58	-	-
E. A. + PERFILARIA + VIDRES BE	592,45	224,97	817,42	10783,91	42 anys
E. A. + (SATE+COBERTA)+ (PERFILARIA + VIDRES BE)	449,80	203,65	653,44	17340,48	37 anys
E. A. + REC. CALOR	311,96	217,03	528,99	23344,73	37 anys
E. A. + (REC. CALOR) + (SATE+COBERTA) + (PERFILARIA + VIDRES BE)	95,27	134,42	229,69	40685,21	31 anys

Taula 10 Amortització Font: elaboració pròpia

Per tant, es pot comprovar que tot i essent l'opció més cara la combinació de recuperació de calor amb adició d'aïllament i la substitució de les finestres, continua tenint validesa ja que en comparativa a l'altra millora només tarda dos anys més en amortitzar-se però en canvi a partir d'aquell moment l'estalvi serà molt major.

6. Conclusions

Els criteris que demana Passivehaus Institut, poden semblar molt elevats si ho comparem amb els valors de la normativa actualment vigent, aquest treball demostra que no es impossible convertir una casa totalment normal i actual en una casa passiva o amb una molt baixa demanda energètica per climatització, cal remarcar que s'ha buscat la major eficiència sense buscar els millors preus del mercat, i que essent un habitatge ja construït i habitat provoca un gran increment de costos comparat amb començar un habitatge des de 0 pensant en construir-lo de la manera mes energèticament eficient, i tot i així no es desorbitat acabar pagant una millora tant gran en 31 anys, realment a partir de l'any 31 l'estalvi es molt gran.

Aquest treball m'ha ajudat a adonar-me de que provablement augmentant entorn a un 20 o 25% el cost d'un habitatge unifamiliar actual, la millora del consum energètic que pots aconseguir es molt significativa i amortitzable en pocs anys, el problema es que fins no fa molt i encara ara, es fan habitatges per vendre i no per viure. Tot i que cada cop mes es valora l'eficiència energètica, estem a anys llum de països del Nord d'Europa.

Tot i això, crec que el criteri PassiveHaus es un referent i es avui possiblement una de les millors opcions a l'hora de fer un habitatge unifamiliar de nova construcció.

7. Annexes

7.1. A01 Criteris EnerPHit

Criteria for the Passive House, EnerPHit and PHI Low Energy Building Standard

Contents

1	Introduction	3
1.1	Structure of the criteria	3
1.2	Changes in version 9 of the certification criteria	3
1.3	Coming into effect	4
2	Criteria.....	5
2.1	Passive House Standard	5
2.2	EnerPHit Standard	7
	Exemptions for EnerPHit	11
2.3	PHI Low Energy Building Standard	12
2.4	General minimum criteria for all Standards	13
2.4.1	Frequency of overheating	13
2.4.2	Frequency of excessively high humidity	13
2.4.3	Minimum thermal protection	13
2.4.4	Occupant Satisfaction	14
2.5	Boundary conditions for the PHPP calculation	16
3	Technical regulations for building certification	18
3.1	Testing procedure	18
3.2	Documents to be submitted	19
3.2.1	Passive House Planning Package (PHPP)	20
3.2.2	Planning documents for architecture	21
3.2.3	Standard and connection details	21
3.2.4	Windows and doors	21
3.2.5	Ventilation	22
3.2.6	Heating/cooling (if used), DHW and waste water	22
3.2.7	Electrical devices and lighting	23
3.2.8	Renewable energy	23
3.2.9	Airtightness of the building envelope	23
3.2.10	Confirmation of detection and sealing of leaks (only for EnerPHit and pre-certification)	24
3.2.11	Photographs	24
3.2.12	Exemptions (only for EnerPHit)	24
3.2.13	Economic feasibility calculation (only for EnerPHit)	24
3.2.14	Verification of general minimum requirements (according to Section 2.3)	25
3.2.15	Construction manager's declaration	25
3.3	Pre-certification for stepwise retrofit	26
3.3.1	Procedure for pre-certification	26
3.3.2	Retrofit sequences	27
3.3.3	Moisture protection: requirements for intermediate states	27
3.3.4	Documents to be submitted for pre-certification	27

1 Introduction

1.1 Structure of the criteria

The present document contains the complete criteria for the energy standards for buildings as defined by the Passive House Institute (PHI). The specific criteria for the three standards are specified in the first three subsections of Section 2 "Criteria". The requirements given in Section 2.4 "General minimum criteria for all Standards" must also be complied with irrespective of the chosen energy standard. Evidence of compliance with the criteria shall be provided using the Passive House Planning Package (PHPP) with the application of the boundary conditions listed in Section 2.5 "Boundary conditions for the PHPP calculation".

If a building is to be certified by the Passive House Institute or one of the certifiers accredited by PHI, the examination shall take place in accordance with Section 3 "Technical regulations for building certification". The documents to be submitted for the certification process are listed in Section 3.2.

1.2 Changes in version 9 of the certification criteria

Previously there were three separate documents with criteria for residential Passive House buildings, non-residential Passive House buildings and for EnerPHit retrofits. These have now been combined in one document and supplemented with the criteria for the new PHI Low Energy Building Standard. There are no longer any separate documents for residential and non-residential buildings.

The criteria were extended with regard to the following aspects:

- ☐ A new evaluation procedure based on Primary Energy Renewable (PER) which was recently developed by the Passive House Institute has been integrated. For the Passive House or EnerPHit Standard, one of the three classes Classic, Plus and Premium can now be achieved depending on the PER demand and the renewable energy generated. The requirement for the PER demand replaces the previous requirement for the non-renewable primary energy demand (PE); however, the old method based on PE may continue to be used in parallel during a transitional phase (only for the Classic and PHI Low Energy Building categories).
- ☐ The EnerPHit criteria for modernisation of existing buildings using Passive House components were previously only valid for the cool, temperate climate. They are now applicable worldwide. The requirements conform to classification in seven climate zones.
- ☐ The previous restriction to a cool, temperate climate ceases to apply also in the case of non-residential Passive House buildings.
- ☐ Pre-certification of stepwise retrofits to EnerPHit (or Passive House) standard based on an EnerPHit Retrofit Plan is now possible after completion of the first retrofit step (section 3.3)

Additionally, the criteria have been completely revised and restructured with the purpose of making them clearer and more comprehensible. The previous external document relating to the so-called "soft criteria" no longer applies. These criteria have been more precisely defined and integrated into the actual criteria.

1.3 Coming into effect

This update of the criteria comes into effect with the release of version 9 of the Passive House Planning Package (PHPP). English PHPP 9 has been released on October 1st 2015. As other language versions of PHPP 9 are released subsequently, this new version of the criteria comes into effect later for users of these versions.

2 Criteria

2.1 Passive House Standard

Passive Houses are characterised by an especially high level of thermal comfort with minimum energy consumption. In general, the Passive House Standard provides excellent cost-effectiveness particularly in the case of new builds. The categories Passive House Classic, Plus or Premium can be achieved depending on the renewable primary energy (PER) demand and generation of renewable energy.

Table 1 Passive House Criteria

				Criteria ¹	Alternative Criteria ²
Heating					
Heating demand	[kWh/(m²a)]	≤	15		-
Heating load ³	[W/m²]	≤	-		10
Cooling					
Cooling + dehumidification demand	[kWh/(m²a)]	≤	15 + dehumidification contribution ⁴		variable limit value ⁵
Cooling load ⁶	[W/m²]	≤	-		10
Airtightness					
Pressurization test result n ₅₀	[1/h]	≤	0.6		
Renewable Primary Energy (PER)⁷					
			Classic	Plus	Premium
PER demand ⁸	[kWh/(m²a)]	≤	60	45	30
Renewable energy generation ⁹ (with reference to projected building footprint)	[kWh/(m²a)]	≥	-	60	120
			±15 kWh/(m²a) deviation from criteria...		
			...with compensation of the above deviation by different amount of generation		

¹ The criteria and alternative criteria apply for all climates worldwide. The reference area for all limit values is the treated floor area (TFA) calculated according to the latest version of the PHPP Manual (exceptions: generation of renewable energy with reference to projected building footprint and airtightness with reference to the net air volume).

² Two alternative criteria which are enclosed by a double line together may replace both of the adjacent criteria on the left which are also enclosed by a double line.

³ The steady-state heating load calculated in the PHPP is applicable. Loads for heating up after temperature setbacks are not taken into account.

⁴ Variable limit value for the dehumidification fraction subject to climate data, necessary air change rate and internal moisture loads (calculation in the PHPP).

⁵ Variable limit value for cooling and dehumidification demand subject to climate data, necessary air change rate and internal heat and moisture loads (calculation in the PHPP).

⁶ The steady-state cooling load calculated in the PHPP is applicable. In the case of internal heat gains greater than 2.1 W/m² the limit value will increase by the difference between the actual internal heat gains and 2.1 W/m².

⁷ The requirements for the PER demand and generation of renewable energy were first introduced in 2015. As an alternative to these two criteria, evidence for the Passive House Classic Standard can continue to be provided in a transitional phase by proving compliance with the previous requirement for the non-renewable primary energy demand (PE) of $Q_P \leq 120 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$. PHI may specify other national values based on national primary energy factors. The desired verification method can be selected in the PHPP worksheet "Verification". The primary energy factor profile 1 in the PHPP should be used.

⁸ Energy for heating, cooling, dehumidification, DHW, lighting, auxiliary electricity and electrical appliances is included. The limit value applies for residential buildings and typical educational and administrative buildings. In case of uses deviating from these, if an extremely high electricity demand occurs then the limit value can also be exceeded after consultation with the Passive House Institute. Evidence of efficient use of electrical energy for all significant devices and systems is necessary for this with the exception of existing devices which have already been owned by the user previously and for which an improvement of the electrical efficiency by means of upgrading or renewal would prove uneconomical over the lifecycle.

⁹ Renewable energy generation plants which are not spatially connected to the building may also be taken into account (except for biomass use, waste-to-energy plants, and geothermal energy): only new systems may be included (i.e. systems which did not start operation before the beginning of construction of the building) which are owned by the building owner or the (long-term) users (first-time acquisition).

2.2 EnerPHit Standard

The Passive House Standard often cannot be feasibly achieved in older buildings due to various difficulties. Refurbishment to the EnerPHit Standard using Passive House components for all relevant structural elements in such buildings leads to extensive improvements with respect to thermal comfort, structural integrity, cost-effectiveness and energy requirements.

The EnerPHit-Standard can be achieved through compliance with the criteria of the component method (Table 2) or alternatively through compliance with the criteria of the energy demand method (Table 3). Only the criteria of one of these methods must be met. The climate zone to be used for the building's location is automatically determined on the basis of the chosen climate data set in the Passive House Planning Package (PHPP).

As a rule, the criteria mentioned in Table 2 correspond with the criteria for certified Passive House components¹. The criteria must be complied with at least as an average value² for the entire building. A higher value is permissible in certain areas as long as this is compensated for by means of better thermal protection in other areas.

In addition to the criteria in Table 2 or Table 3, the general criteria in Table 4 must always be met. The EnerPHit categories Classic, Plus or Premium may be achieved depending on the renewable primary energy (PER) demand and generation of renewable energy.

¹ The criteria for certified Passive House components and data sheets for all certified components can be found on the Passive House Institute website (www.passivehouse.com).

² Note: When calculating average U values for insulated building components, the area weighted mean of the U-value, not the average insulation thickness, applies. Thermal bridges must only be taken into account during the calculation of the average value if they are part of the standard structure of the building component (e.g. wall ties). For multiple ventilation systems, the average value weighted by volumetric flow applies.

Table 2 EnerPHit criteria for the building component method

Climate zone according to PHPP	Opaque envelope ¹ against...				Windows (including exterior doors)					Ventilation	
	...ground	...ambient air			Overall ⁴			Glazing ⁵	Solar load ⁶	Min. heat recovery rate ⁷	Min. humidity recovery rate ⁸
	Insulation	Exterior insulation	Interior insulation ²	Exterior paint ³	Max. heat transfer coefficient (U _{D/W, installed})			Solar heat gain coefficient (g-value)	Max. specific solar load during cooling period		
	Max. heat transfer coefficient (U-value)			Cool colours	Max. heat transfer coefficient (U _{D/W, installed})			Solar heat gain coefficient (g-value)	Max. specific solar load during cooling period	Min. heat recovery rate ⁷	Min. humidity recovery rate ⁸
	[W/(m²K)]			-	[W/(m²K)]			-	[kWh/m²a]	%	
Arctic	Determined in PHPP from project specific heating and cooling degree days against ground.	0.09	0.25	-	0.45	0.50	0.60	$U_g - g \cdot 0.7 \leq 0$	100	80%	-
Cold		0.12	0.30	-	0.65	0.70	0.80	$U_g - g \cdot 1.0 \leq 0$		80%	-
Cool-temperate		0.15	0.35	-	0.85	1.00	1.10	$U_g - g \cdot 1.6 \leq 0$		75%	-
Warm-temperate		0.30	0.50	-	1.05	1.10	1.20	$U_g - g \cdot 2.8 \leq -1$		75%	-
Warm		0.50	0.75	-	1.25	1.30	1.40	-		-	-
Hot		0.50	0.75	Yes	1.25	1.30	1.40	-		-	60 % (humid climate)
Very hot		0.25	0.45	Yes	1.05	1.10	1.20	-		-	60 % (humid climate)

¹ Opaque building envelope

If the heat transfer resistance (R-value) of existing building components is taken into account for the improvement of the heat transfer coefficients (U-value) of modernised building components, this must be demonstrated in accordance with the accepted technical standards. It is sufficient to adopt a conservative approximation of the thermal conductivity of the present building materials from suitable reference charts. If building component assemblies of existing buildings are not clearly identifiable, standardised estimates according to the year of construction as taken from appropriate component catalogues (e.g. "EnerPHit-Planerhandbuch", PHI 2012, only available in German) can be used as long as these are comparable with the component at hand.

In refurbishments of existing buildings, it is not always possible to achieve absence of thermal bridges with justifiable effort as is necessary for Passive House new builds. Nevertheless, thermal bridge effects must always be avoided or minimised as much as possible while ensuring cost-effectiveness. Thermal bridges that are part of the construction system, e.g. wall ties, must be taken into account in the evaluation of the heat transfer coefficient of this construction.

² Interior insulation

An important reason for the lower requirements for interior insulation (compared with exterior insulation) is that it reduces the useable area, therefore in principle only exterior walls are regarded as having interior insulation (if applicable), but roofs, basement ceilings and floor slabs are not.

³ Exterior colour

Cool colours: colours which have a low absorption coefficient in the infrared part of the solar spectrum.

This criterion is defined by the solar reflectance index (SRI) which is calculated from the absorptivity and emissivity in the PHPP in accordance with the international standard ASTM E1980-11.

Flat roofs (inclination $\leq 10^\circ$): SRI ≥ 90

Sloped roofs and walls (inclination $> 10^\circ$ and $< 120^\circ$): SRI ≥ 50

Measured values of areas exposed to weathering for at least 3 years must be used. If measured values are only available for the new state then the absorptivity should be converted using the auxiliary calculation in the PHPP worksheet "Areas" provided for this purpose. For simplification, the emissivity can be kept as it is.

In the following cases, this criterion does not have to be met:

"greened" surfaces; areas which are covered with rear ventilated solar collectors or photovoltaic panels (including the distance required between the panels); penetrations in building components and the associated equipment; accessible (roof) terraces or paths; areas that are strongly shaded or do not face the sun.

Other measures can also be undertaken as an alternative to the use of cool colours (e.g. increasing the insulation thickness beyond the applicable criterion for the building component), if this does not increase the overall cooling demand compared with the use of cool colours.

4 Windows, overall

The illustrations show the respective inclination of the installed window. In each case the criterion for inclination of components will apply which most closely approximates the actual inclination of the window. There will be no interpolation between two criteria. However, since the glazing U-value changes with the inclination due to physical processes, the glazing U-value U_g corresponding to the actual inclination must be set for the window itself.

In the case of small windows above an average frame length to window area ratio of 3 m/m² the limit value mentioned in the table is steadily increased. The limit value to be applied is automatically calculated and shown in the PHPP worksheet "Verification" in accordance with the following formula:

Addition to the limit value [W/m²K]: $(l/A-3)/20$

l: length of window frame

A: window area

5 Glazing

The limit value only applies for actively heated buildings with a heating demand above 15 kWh/(m²a).

6 Solar load

The limit value only applies for actively cooled buildings with a sensible cooling demand above 15 kWh/(m²a). It refers to the solar radiation entering the building per m² of glazing area after taking into account all reduction factors due to shading etc., and must be complied with for the average value of all identically aligned windows. If the limit value is exceeded, then suitable measures must be undertaken to reduce the solar load to the point where the limit value can be complied with again. These include movable shading elements, shading overhangs and anti-sun glazing (latter only in pure cooling climates).

7 Ventilation, minimum heat recovery efficiency

The heat recovery criterion must be complied with beyond the criteria for "Certified Passive House Components" for the entire ventilation system, i.e. also including the heat losses of the warm ventilation ducts located in the cold area and of the cold ducts located in the warm area.

8 Minimum moisture recovery efficiency A "humid climate" prevails with dry degree hours for dehumidification ≥ 15 kWh (based on a dew-point temperature of 17 °C). This is automatically determined in the PHPP.

Table 3 EnerPHit criteria for the energy demand method (as an alternative to Table 2)

Climate zone according to PHPP	Heating	Cooling
	Max. heating demand	Max. cooling + dehumidification demand
	[kWh/(m ² a)]	[kWh/(m ² a)]
Arctic	35	equal to Passive House requirement
Cold	30	
Cool-temperate	25	
Warm-temperate	20	
Warm	15	
Hot	-	
Very hot	-	

Table 4 General EnerPHit criteria (always applicable, irrespective of the chosen method)

			Criteria ¹	Alternative Criteria ²		
Airtightness						
Pressurization test result n ₅₀	[1/h]	≤	1.0			
Renewable Primary Energy (PER) ³			Classic	Plus	Premium	
PER demand ⁴	[kWh/(m²a)]	≤	60 + (Q _H - Q _{H,PH}) • f _{ØPER,H} + (Q _C - Q _{C,PH}) • 1/2	45 + (Q _H - Q _{H,PH}) + (Q _C - Q _{C,PH}) • 1/2	30 + (Q _H - Q _{H,PH}) + (Q _C - Q _{C,PH}) • 1/2	±15 kWh/(m²a) deviation from criteria...
Renewable energy generation ⁵ (with reference to projected building footprint)	[kWh/(m²a)]	≥	-	60	120	...with compensation of the above deviation by different amount of generation

¹ Criteria and alternative criteria apply for all climate zones worldwide. The reference area for all limit values is the treated floor area (TFA) calculated according to the latest version of the PHPP Manual (exceptions: generation of renewable energy with reference to projected building footprint and airtightness with reference to the net air volume).

² Two alternative criteria which are enclosed by a double line together may replace both of the adjacent criteria on the left which are also enclosed by a double line.

³ The requirements for the PER demand and generation of renewable energy were first introduced in 2015. As an alternative to these two criteria evidence for the Passive House Classic Standard can continue to be provided in a transitional phase by proving compliance with the previous requirement for the non-renewable primary energy demand: $Q_P \leq 120 \text{ kWh/(m}^2\text{a)} + (Q_H - 15 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}) \cdot 1.2 + Q_C - Q_C$, Passive House criterion

In the above mentioned formula if the terms " $(Q_H - 15 \text{ kWh/(m}^2\text{a)})$ " and " $Q_C - Q_C$, Passive House criterion" are smaller than zero, then zero will be adopted as the value.

PHI may specify other national values instead of the base value of 120 kWh/(m²a) based on national primary energy factors. The desired verification method can be selected in the PHPP worksheet "Verification". The primary energy factor profile 1 in the PHPP should be used.

⁴ Energy for heating, cooling, dehumidification, DHW, lighting, auxiliary electricity and electrical appliances is included. The limit value applies for residential buildings and typical educational and administrative buildings. In case of uses deviating from these, if an extremely high electricity demand occurs then the limit value can also be exceeded after consultation with the Passive House Institute. For this, evidence of efficient use of electrical energy is necessary, with the exception of existing electricity uses for which an improvement of the electrical efficiency by means of upgrading or renewal would prove uneconomical over the lifecycle.

Q_H : heating demand

$Q_{H,PH}$: Passive House criterion for the heating demand

$f_{\text{OPER,H}}$: weighted mean of the PER factors of the heating system of the building

Q_C : cooling demand (incl. dehumidification)

$Q_{C,PH}$: Passive House criterion for the cooling demand

If the terms " $(Q_H - Q_{H,PH})$ " and " $(Q_C - Q_{C,PH})$ " are smaller than zero, zero will adopted as the value.

⁵ Renewable energy generation plants which are not spatially connected to the building may also be taken into account (except for biomass use, waste-to-energy plants, and geothermal energy): only new systems may be included (i.e. systems which did not start operation before the beginning of construction of the building) which are owned by the building owner or the (long-term) users (first-time acquisition).

Exemptions for EnerPHit

The limit values in Table 2 for the heat transfer coefficients of the exterior envelope building components may be exceeded if absolutely necessary based on one or more of the following compelling reasons:

- ☐ If required by the historical building preservation authorities
- ☐ If the cost-effectiveness of a required measure is no longer assured due to exceptional circumstances or additional requirements
- ☐ Due to legal requirements
- ☐ If implementation of the required standard of thermal insulation would result in unacceptable restriction of the use of the building or adjacent outer areas
- ☐ If special, additional requirements (e.g. fire safety) exist and there are no components available on the market that also comply with the EnerPHit criteria
- ☐ If the heat transfer coefficient (U-value) of windows is increased due to a high thermal transmittance (psi value) of the window installation offset to the insulation layer in a wall that has interior insulation
- ☐ If reliably damage-free construction is only possible with a smaller insulation thickness in the case of interior insulation
- ☐ If other compelling reasons relating to construction are present

If the thickness of the thermal insulation is restricted due to any of the reasons mentioned above, and an exemption is applicable, then the insulation thickness that is still possible must be implemented with a high-performance insulation material with a thermal conductivity $\lambda \leq 0.025 \text{ W/(mK)}$ if this can be implemented cost-effectively and in a damage-free way (in the case of interior insulation). In this case, the additional application of a surrounding insulation skirt should be considered in the case of floor slabs and basement ceilings. The measure should be implemented if this is economically viable.

2.3 PHI Low Energy Building Standard

The PHI Low Energy Building Standard is suitable for buildings which do not fully comply with Passive House criteria for various reasons.

Table 5 PHI Low Energy Building criteria

			Criteria ¹	Alternative Criteria ²
Heating				
Heating demand	[kWh/(m ² a)]	≤	30	
Cooling				
Cooling + dehumidification demand	[kWh/(m ² a)]	≤	Passive House requirement ³ + 15	
Airtightness				
Pressurization test result n ₅₀	[1/h]	≤	1.0	
Renewable Primary Energy (PER)⁴				
PER demand ⁵	[kWh/(m ² a)]	≤	75	Exceeding the criteria up to +15 kWh/(m ² a) is permitted... ...with compensation of the above deviation by additional generation
Renewable energy generation ⁶ (with reference to projected building footprint)	[kWh/(m ² a)]	≥	-	

¹ Criteria and alternative criteria apply for all climate zones worldwide. The reference area for all limit values is the treated floor area (TFA) calculated according to the latest version of the PHPP Manual (exceptions: generation of renewable energy with reference to projected building footprint and airtightness with reference to the net air volume).

² Two alternative criteria which are enclosed by a double line together may replace both of the adjacent criteria on the left which are also enclosed by a double line.

³ The basis is the maximum of the two alternative Passive House criteria for the cooling demand. The Passive House criterion for the cooling load does not apply. The criterion applicable for the respective building is automatically calculated in the PHPP and displayed in the worksheet "Verification".

⁴ The requirements for the PER demand and generation of renewable energy were first introduced in 2015. As an alternative to these two criteria, evidence for the PHI Low Energy Building Standard can be provided in a transitional phase by proving compliance with the requirement for the non-renewable primary energy demand (PE) of $Q_P \leq 120 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$. PHI may specify other national values based on national primary energy factors. The desired verification method can be selected in the PHPP worksheet "Verification". The primary energy factor profile 1 in the PHPP should be used.

⁵ Energy for heating, cooling, dehumidification, DHW, lighting, auxiliary electricity and electrical appliances is included. The limit value applies for residential buildings and typical educational and administrative buildings. In case of uses deviating from these, if an extremely high electricity demand occurs then the limit value can also be exceeded after consultation with the Passive House Institute. Evidence of efficient use of electrical energy for all relevant devices and systems is necessary for this with the exception of existing devices which have already been owned by the user previously and for which an improvement of the electrical efficiency by means of upgrading or renewal would prove uneconomical over the lifecycle.

⁶ Renewable energy generation plants which are not spatially connected to the building may also be taken into account (except for biomass use, waste-to-energy plants, and geothermal energy): only new systems may be included (i.e. systems which did not start operation before the beginning of construction of the building) which are owned by the building owner or the (long-term) users (first-time acquisition).

2.4 General minimum criteria for all Standards

Besides a high level of energy efficiency, Passive House buildings and buildings refurbished to the EnerPHit Standard offer an optimum standard of thermal comfort and a high degree of user satisfaction as well as protection against condensate related damage. In order to guarantee this, the minimum criteria mentioned below must also be complied with in addition to the criteria in Sections 2.1 to 2.3. With the exception of thermal comfort, these requirements also apply for PHI Low Energy Buildings.

2.4.1 Frequency of overheating

Percentage of hours in a given year with indoor temperatures above 25 °C

- ☐ without active cooling: $\leq 10 \%$
- ☐ with active cooling: cooling system must be adequately dimensioned

2.4.2 Frequency of excessively high humidity

Percentage of hours in a given year with absolute indoor air humidity levels above 12 g/kg

- ☐ without active cooling: $\leq 20 \%$
- ☐ with active cooling: $\leq 10 \%$

2.4.3 Minimum thermal protection

In general, the minimum level of thermal protection is already covered by the much more stringent criteria mentioned in Sections 2.1 to 2.3. The following minimum criteria therefore do not need to be considered separately, if typical Passive House Components are used. If a construction component fails to achieve the thermal comfort requirements in individual cases, a red warning symbol appears next to it in the PHPP (there is no such warning for the moisture protection requirement in PHPP).

The criteria for the minimum level of thermal protection are always applicable irrespective of the energy standard and must be complied with even if EnerPHit exemptions are used. They apply for each individual building component on its own (e.g. wall build-up, window, connection detail). Averaging of several different building components as evidence of compliance with the criteria is not permissible. As opposed to this the thermal comfort criteria do not apply for PHI Low Energy Buildings. The moisture protection requirements, however, also apply to this standard.

Thermal comfort

For the **arctic to warm-temperate climate zones** interior surface temperatures of the standard cross-sections of walls and ceilings as well as the average interior surface temperatures of windows may not be more than 4.2 K below the operative indoor temperature. The temperature of the floor surface may not fall below 19 °C. The requirements will be checked in the PHPP with an indoor temperature of 22 °C and a minimum outdoor temperature taken from the climate data set for the building's location. For building components in contact with the basement or ground the requirement for the U-value will be divided by the reduction factor f_r ("ground reduction factor" in the PHPP sheet "Ground"). For small windows the requirement will be mitigated by an addition to the limit value depending on the window size.

In the **warm to very hot climate zones** the U-values of ceiling components may not be higher than the EnerPHit component requirements for windows of the same inclination. There are no thermal comfort requirements for walls and floors in these climate zones.

The following exemptions from the thermal comfort requirements apply in addition:

- ☐ The requirements do not apply for areas which are not adjacent to rooms with prolonged occupancy or for separate isolated areas which are smaller than 1 m².
- ☐ For windows and doors, exceeding the limit value is permissible if low temperatures arising on the inside are compensated by means of heating surfaces or if, for other reasons, there are no concerns relating to thermal comfort.
- ☐ The requirements for warm to very hot climates will not apply if the building component is shaded on the outside to a large extent.
- ☐ Alternatively, the criteria for thermal comfort will be deemed to have been fulfilled if evidence of the comfort conditions is provided in accordance with DIN EN ISO 7730.

Moisture protection

Besides the requirement for the temperature of the building component's interior surface ($f_{Rsi}=0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$) mentioned in Table 6, all standard cross-sections and connection details must also be planned and executed so that excessive moisture build-up in the building component can be ruled out with the intended building use.

Table 6 Criteria for moisture protection

Climate zone	Min. temperature factor
	$f_{Rsi}=0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$
	□
Arctic	0.80
Cold	0.75
Cool-temperate	0.70
Warm-temperate	0.65
Warm	0.55
Hot	-
Very hot	-

2.4.4 Occupant Satisfaction

Exemptions to the below requirements are possible in justified cases as long as there is no significant likelihood of occupant satisfaction being impaired.

- ☐ All rooms with prolonged occupancy must have at least one operable window.
- ☐ It must be possible for the user to operate the lighting and temporary shading elements. Priority must be given to user-operated control over any automatic regulation.
- ☐ In case of active heating and/or cooling, it must be possible for users to regulate the interior temperature for each utilisation unit.
- ☐ The heating or air-conditioning technology must be suitably dimensioned in order to ensure the specified temperatures for heating or cooling under all expected conditions.

☐ Ventilation system:

☐ Controllability

The ventilation volume flow rate must be adjustable for the actual demand. In residential buildings the volume flow rate must be user-adjustable for each accommodation unit (three settings are recommended: standard volume flow / standard volume flow +30 % / standard volume flow -30 %).

☐ Ventilation in all rooms

All rooms within the thermal building envelope must be directly or indirectly (transferred air) ventilated with a sufficient volume flow rate. This also applies for rooms which are not continuously used by persons provided that the mechanical ventilation of these rooms does not involve disproportionately high expenditure.

☐ Excessively low relative indoor air humidity

If a relative indoor air humidity lower than 30 % is shown in the PHPP for one or several months, effective countermeasures should be undertaken (e.g. moisture recovery, air humidifiers, automatic demand-based (zone) control, extended cascade ventilation, or monitoring of the actual relative air humidity with the option of subsequent measures).

☐ Sound level

The ventilation system must not generate noise in rooms with prolonged occupancy. Recommended values for the sound level are

- ☐ ≤ 25 db(A): supply air rooms in residential buildings, and bedrooms and recreational rooms in non-residential buildings
- ☐ ≤ 30 db(A): rooms in non-residential buildings (except for bedrooms and relaxation rooms) and extract air rooms in residential buildings

☐ Draughts

The ventilation system must not cause uncomfortable draughts.

2.5 Boundary conditions for the PHPP calculation

When verifying the criteria using the Passive House Planning Package (PHPP), the following boundary conditions must be fulfilled:

☐ Zoning

The entire insulated and airtight building envelope must be taken into account for calculation of the specific values e.g. a row of terraced houses, an apartment block or an office building with several thermally connected units. An overall calculation can be used to provide evidence of this. If all zones have the same set temperature, then a weighted average based on the TFA from individual PHPP calculations of several sub-zones may be used. Combination of thermally separated buildings is not permissible. Buildings which are adjacent to other buildings (e.g. continuous perimeter block development, terraced houses, extensions of existing buildings) must include at least one exterior wall, a roof area and a floor slab and/or basement ceiling to be eligible for separate certification. It is not permitted to exclude parts of a building (e.g. one or several storeys, or parts of storeys) from the energy balance.

☐ Internal heat gains

The PHPP contains standard values for internal heat gains in a range of utilisation types. These are to be used unless PHI has specified other values (e.g. national values). The use of the individually calculated internal heat gains in PHPP is only permitted if it can be shown that actual utilisation will and must differ considerably from the utilisation on which the standard values are based.

☐ Internal moisture gains

Average value over all annual hours (also outside of the usage period):

residential building: 100 g/(person*h)

non-residential building without significant moisture sources beyond moisture released by persons (e.g. office, educational buildings etc.): 10 g/(Person*h)

non-residential building with significant moisture sources beyond moisture released by persons: plausibly substantiated estimation based on the anticipated utilisation.

☐ Occupancy rates

Residential buildings: standard occupancy rate in the PHPP; if the expected number of persons is significantly higher than the standard occupancy rate, then it is recommended that the higher value should be used.

Non-residential buildings: Occupancy rates and periods of occupancy must be determined on a project-specific basis and coordinated with the utilisation profile.

☐ Indoor design temperature

Heating, residential buildings: 20 °C without night setback, non-residential buildings: standard indoor temperatures based on EN 12831 apply. For unspecified uses or deviating requirements, the indoor temperature is to be determined on a project-specific basis. For intermittent heating (night setback), the indoor design temperature may be decreased upon verification.

Cooling and dehumidification: 25 °C and 12 g/kg absolute indoor air humidity

☐ Climate data

Climate data sets (with a seven-digit ID number) approved by the Passive House Institute should be used. The selected data set must be representative for the climate of the building's

location. If an approved data set is not yet available for the location of the building, then a new data set can be requested from an accredited Passive House Building Certifier.

☐ Average ventilation volumetric flow

Residential buildings: 20-30 m³/h per person in the household, but at least a 0.30-fold air change with reference to the treated floor area multiplied by 2.5 m room height.

Non-residential buildings: The average ventilation volumetric flow must be determined for the specific project based on a fresh air demand of 15-30 m³/h per person (higher volumetric flows are permitted in the case of use for sports etc. and if required by the applicable mandatory requirements relating to labour laws). The different operation settings and times of the ventilation system must be considered. Operating times for pre-ventilation and post-ventilation should be taken into account when switching off the ventilation system. For residential and non-residential buildings, the mass flows used must correspond with the actual adjusted values.

☐ Domestic hot water demand

Residential buildings: 25 litres of 60 °C water per person per day unless PHI has specified other national values.

Non-residential buildings: the domestic hot water demand in litres of 60 °C water per person per day must be separately determined for each specific project.

☐ Balance boundary for electricity demand

All electricity uses that are within the thermal building envelope are taken into account in the energy balance. Electricity uses near the building or on the premises that are outside of the thermal envelope are generally not taken into account. By way of exception, the following electricity uses are taken into account even if they are outside of the thermal envelope:

- ☐ Electricity for the generation and distribution of heating, domestic hot water and cooling as well as for ventilation, provided that this supplies building parts situated within the thermal envelope.
- ☐ Elevators and escalators which are situated outside provided that these overcome the distance in height caused by the building and serve as access to the building
- ☐ Computers and communication technology (server including UPS, telephone system etc.) including the cooling necessary for these, to the extent they are used by the building's occupants.
- ☐ Household appliances such as washing machines, dryers, refrigerators , freezers if used by the building's occupants themselves
- ☐ Intentional illumination of the interior by externally situated light sources.

3 Technical regulations for building certification

3.1 Testing procedure

Passive House buildings and buildings refurbished to the EnerPHit Standard are buildings in which comfortable indoor conditions can be achieved throughout the year with extremely low energy input. They must meet very stringent requirements regarding their design, planning and execution.

Subject to a thorough quality check, buildings can be certified in accordance with the criteria for the respective energy standard as mentioned in Section 2. If the technical accuracy of the required documentation for the tested building is confirmed in accordance with Section 3.2. and the criteria in Section 2 are fulfilled, the respective applicable seal will be issued.



Passive House seal



EnerPHit seal



EnerPHit⁺ⁱ seal (for buildings with mostly interior insulation)



PHI Low Energy Building seal

EnerPHit certification is only possible for buildings for which modernisation to the Passive House Standard for new builds would be uneconomical or impossible in practical terms due to the existing building characteristics or building substance. In principle, an EnerPHit certificate cannot be issued for new builds. If more than 25 % of the opaque exterior wall area of an EnerPHit retrofit has interior insulation, then the designation EnerPHit⁺ⁱ ("+" in superscript form) is used³.

For building certification, the current certification criteria and technical regulations for building certification (i.e. this document; current version always available at www.passivehouse.com) apply and take precedence over the calculation methodology described in the PHPP User Manual and the PHPP software, which shall apply subordinately. PHI reserves the right to adapt criteria and calculation procedures to reflect technical advances and developments. An informal application for the certificate can be made with the chosen Passive House Institute accredited Building Certifier. The required documents according to Section 3.2 must be submitted in full to the certifier. The

³ Does not apply in warm, hot and extremely hot climate zones.

certification documents must be checked at least once. Depending on the procedure, further checks may also be arranged.

Note: if possible, checking the relevant documents should be carried out during the planning stage so that any necessary corrections or suggestions for improvement can be taken into account in the implementation. In the absence of experience with Passive House construction, at least one consultation prior to planning and if applicable, also a consultation during the project is advised.

After the assessment, the client will receive results with corrected calculations and suggestions for improvement, if applicable. Inspection of construction work is not automatically covered by the certification. Additional quality assurance of the construction work by the certifying body is particularly useful if the construction management has no previous experience with the construction of Passive House buildings or with EnerPHit retrofits.

The awarding of the certificate only determines the correctness of the documents submitted according to the technological development relating to the standards as defined in Section 2 at the time of certification. The assessment relates neither to the supervision of the construction works, nor to monitoring of the user behaviour. The liability for the planning remains with the responsible planners and all liability for the implementation lies with the construction management.

In individual cases, it is possible that although a building meets the criteria in full, it may have serious deficiencies in other areas which greatly restrict its usability, safety or user satisfaction. If the certifier becomes aware of any such defects then it is at the certifier's discretion to retain the certificate until it can be proven that these defects have been sufficiently rectified.

The Certified Passive House, EnerPHit and PHI Low Energy Building seals may only be used with the associate certified building. The certificate is valid for the construction implementation and building use documented in the booklet accompanying the certificate. The energy-relevant characteristic values of the building may be changed due to any extensive conversions or change of use that may take place in the future, in which case the certificate will become invalid.

The documents submitted for certification may be used by the Passive House Institute for anonymised scientific evaluations and statistics.

3.2 Documents to be submitted

The use of components⁴ certified by the Passive House Institute is advised because all necessary parameters have been reliably tested and are available and as a rule can be used for building certification without the need for any further verification. The applicant is liable to provide evidence of the characteristic values of products which have not been certified by the Passive House Institute.

⁴ Data sheets for certified components can be found at www.passivehouse.com

3.2.1 Passive House Planning Package (PHPP)

Compliance with the criteria must be verified using the latest version of the PHPP. However, transfer of data to a newer PHPP version published when the project is already under way is not necessary. The PHPP calculation should be submitted as an Excel file with at least the following calculations:

Worksheet

- ☐ Property data, summary of results..... **Verification**
- ☐ Selection of the climatic data set **Climate**
- ☐ Calculation of U-values of regular building components **U-values**
- ☐ Summary of areas with allocation of radiation balance data, thermal bridges **Areas**
- ☐ Calculation of reduction factors against ground, if used..... **Ground**
- ☐ Building component database **Components**
- ☐ Determination of the U_w values **Windows**
- ☐ Determination of shading coefficients **Shading**
- ☐ Air quantities, heat recovery efficiency, input of pressure test results **Ventilation**
- ☐ Dimensioning of ventilation systems with several ventilation units (if used) **Additional vent**
- ☐ Calculation of the heating demand using monthly method based on EN 13790 (if heating used)
..... **Heating**
- ☐ Calculation of the heating load of the building ⁵ (if heating used) **Heating Load**
- ☐ Determination of summer ventilation **SummVent**
- ☐ Assessment of summer climate ⁵ **Summer**
- ☐ Specific useful cooling demand (if active cooling is used) **Cooling**
- ☐ Latent cooling demand (if active cooling is used) **Cooling Units**
- ☐ Calculation of the cooling load of the building⁵ (if active cooling is used) **Cooling Load**
- ☐ Heating distribution losses; DHW demand and distribution losses..... **DHW+Distribution**
- ☐ Solar DHW provision (if solar heating system exists)..... **SolarDHW**
- ☐ Photovoltaic electricity generation (if PV system is used)..... **PV**
- ☐ Calculation of shared and domestic electricity demand (only for residential buildings) **Electricity**
- ☐ Utilisation profiles of non-residential buildings **Use non-res**
- ☐ Electricity demand of non-residential buildings **Electricity non-res**
- ☐ Calculation of the auxiliary electricity demand..... **Aux Electricity**
- ☐ Calculation of internal heat gains (only for residential buildings)..... **IHG**
- ☐ Calculation of internal heat gains (only for non-residential buildings)..... **IHG non-res**
- ☐ PER and PE value..... **PER**
- ☐ Annual utilisation factor for heat generators
..... **Compact, HP, HP Ground, Boiler or District Heating**

⁵ The PHPP calculations for the heating load, summer ventilation and cooling load have been developed for buildings with homogeneous utilisation. More in-depth studies/other methods should be referred to for buildings with intermittent ventilation or heating/cooling operation and greatly fluctuating internal loads.

3.2.2 Planning documents for architecture

- ☐ Site plan including the building's orientation, position and height of relevant shading elements (neighbouring buildings, prominent trees, possibly elevated terrain, etc.); photographs of the plot and surroundings. The shading situation must be clearly understandable.
- ☐ Implementation plans (floor plans, sections, elevations) with comprehensible dimensioning for all area calculations (room dimensions, envelope areas, rough window opening sizes).
- ☐ Comprehensible calculation of the treated floor area.
- ☐ Location plans of envelope areas which allow easy and clear allocation of the areas in the PHPP to the planning drawings. Alternatively, if an existing DesignPH file can fulfil this function, this may also be submitted.

3.2.3 Standard and connection details

- ☐ Location plans of thermal bridges (if present) for clear allocation of the entries in the PHPP.
- ☐ Detailed drawings of all building envelope connections, e.g. the exterior and interior walls at the basement ceiling or floor slab, exterior wall at the roof and ceiling, roof ridge, verge, attachment of balconies etc. The details should be given with dimensions and information about materials used and their conductivities. The airtight layer should be indicated and its execution at connection points should be described.
- ☐ Evidence regarding the thermal bridge loss coefficients based on EN ISO 10211 as used in the PHPP. Alternatively, comparable documented thermal bridges can be used (e.g. in certified Passive House/EnerPHit construction systems, PHI publications, thermal bridge catalogues).
- ☐ Manufacturer, type and technical data sheets, especially of insulation materials with very low conductivity ($\lambda_R < 0.032 \text{ W/(mK)}$). Rated values of the thermal conductivity according to national standards or building authority approvals are permissible.
- ☐ Evidence regarding radiation properties of the building's exterior surface (only in hot and very hot climates); for roof products: measured values for absorptivity or reflectance and emissivity determined in accordance with ANSI/CRRC-1 (or comparable methods). For wall products: on account of poorer availability of data, no requirements currently apply for the source of the specific values. All values must be determined after a period of exposure to weathering of at least 3 years (or conversion from new condition values in the PHPP).
- ☐ Proof of protection against excessive moisture build-up (only in doubtful cases)

3.2.4 Windows and doors

- ☐ Location plans for windows and doors for clear allocation of the entries in the PHPP.
- ☐ Evidence of the window and door frames to be installed: manufacturer, type, U_f value, $\Psi_{\text{Installation}}$, $\Psi_{\text{Glazing Edge}}$, graphical representations of all planned installation situations in the exterior wall. The calculated values should be computed in accordance with EN ISO 10077-2.
- ☐ Evidence of the glazing to be fitted: manufacturer, type, build-up, U_g value according to EN 673 (mathematically computed, accuracy to two decimal places), g-value in accordance with EN 410, type of edge spacer.

3.2.5 Ventilation

- Building services plans for ventilation: representation and dimensioning of ventilation units, volumetric flows (Final Protocol Worksheet for Ventilation Systems: "Design", see PHPP CD), sound protection, filters, supply and extract air valves, openings for transferred air, outdoor air intake and exhaust air outlet, dimensioning and insulation of ducts, subsoil heat exchanger (if used), regulation, etc.
- Information about the subsoil heat exchanger (if used): length, depth and type of installation, soil quality, size and tube material and verification of the heat recovery efficiency (e.g. with PHLuft⁶). For subsoil brine heat exchangers: regulation, temperature limits for winter/summer and verification of the heat transfer efficiency
- Evidence regarding heat recovery efficiency and electricity demand of the ventilation system in accordance with the Passive House Institute method (see www.passivehouse.com). In cooling climates heat dissipated by the fans reduces the efficiency of the heat recovery as it represents an additional heat load. However, for simplification the existing method of PHI is currently still used for proof of heat recovery efficiency also in cooling climates. Exhaust air systems without heat recovery (e.g. fume hoods and fume cabinets etc.) should be included. Different operation settings and operation times should be taken into account.
- Manufacturer, type, technical data sheets and verification of the electricity demand of all components of the ventilation system such as the heating coils, frost protection etc.
- HRV commissioning report: at minimum, the report must include the following: description of the property, location/address of the building, name and address of the tester, time of adjustment, ventilation system manufacturer and type of device, adjusted volume flow rates for standard operation, mass flow/volumetric flow balance for outdoor air and exhaust air (maximum imbalance of 10 %). A report should be provided regarding the adjustment of all supply air and extract air valves. If this is not possible in individual non-residential buildings for technical reasons, then at least the volume flow rates in the ventilation unit (outdoor air/exhaust air) and in the principal ducts of the ventilation system should be measured. Recommended: "Final Protocol Worksheet for Ventilation Systems", source PHPP CD or www.passivehouse.com.

3.2.6 Heating/cooling (if used), DHW and waste water

- Building services plans for heating/cooling (if used): DHW and waste water: representation of heat generators, heat storage, heat distribution (pipes, heating coils, heating surfaces, pumps, regulation), hot water distribution (circulation, single pipes, pumps, regulation), aerated drain pipes including their diameters and insulation thicknesses, representation and dimensioning of cooling and dehumidification systems.
- Short description of the planned building services supply systems, if necessary with schematic diagrams.
- Manufacturer, type, technical data sheets and verification of the electricity demand for heat generators for heating and hot water, heat storage, pumps, cooling of the building (if used), pressure increase, lift pumps etc.
- In buildings without active cooling: evidence regarding summer comfort. The PHPP procedure for determining overheating in summer only indicates the average value for the whole building;

⁶ PHLuft: Programme facilitating planning of Passive House ventilation systems. Free download from www.passivehouse.com

nevertheless, individual parts may become overheated. If this is suspected, a detailed analysis should be carried out (e.g. by means of a transient simulation).

3.2.7 Electrical devices and lighting

- ☐ Building services plans for electrical fittings: (in residential buildings only if planning or concept for efficient use of electricity exists, otherwise the standard values already entered in the PHPP will be used) representation and dimensioning of lighting (as well as concepts or simulations for the use of daylight, if applicable), elevators, kitchen equipment, computers, telecommunication systems and other specific uses of electricity (e.g. furnaces)
- ☐ Manufacturer, type, technical data sheets and verification of the electricity demand for all significant electricity uses such as elevators, lighting, security technology etc.

3.2.8 Renewable energy

- ☐ Solar thermal systems attached to the building: data sheets relating to the collectors and storage used, indicating the necessary input parameters. If the method implemented in the PHPP for assessing the solar fraction is not used, then additional evidence regarding the monthly contribution of the solar thermal system is required (e.g. simulation report).
- ☐ PV system attached to the building: data sheets of the collectors and inverters used, indicating the parameters necessary for input.
- ☐ Renewable energy generation plants which are not spatially connected to the building: Appropriate proof of ownership must be provided together with evidence of the forecasted yearly electricity production of the system (simulation) and if necessary, proof of the percentage of ownership of the system as a whole.

3.2.9 Airtightness of the building envelope

The airtightness measurement is carried out in accordance with EN 13829 (method A). Alternatively the measurement can be carried out in accordance with ISO 9972 (method 1). However, the net air volume in accordance with EN 13829 must be used for calculation of the n_{50} value in any case. A series of measurements is required for positive pressure AND negative pressure, in deviation from the standards. The pressure test should only be carried out for the heated building envelope. Porches, conservatories etc. that are not integrated into the thermal envelope of the building should not be included in the pressure test. It is recommended that the test be carried out when the airtight layer is still accessible so that needed repairs can be carried out more easily. The pressure test report should also document the calculation of the indoor air volume.

In principle, the pressure test should be carried out by an institution or person independent of the client or contractor. A pressure test that has been carried out by the client will only be accepted if the test result is signed by someone taking personal responsibility for the accuracy of the information provided.

Only for EnerPHit: for values between 0.6 h^{-1} and 1.0 h^{-1} , extensive leakage detection must be carried out within the framework of the pressurisation test, during which individual leakages which may cause structural damage or impair comfort are sealed. This must be confirmed in writing and signed by the person in charge in accordance with Section 3.2.10.

3.2.10 Confirmation of detection and sealing of leaks (only for EnerPHit and pre-certification)

(complete retrofit EnerPHit projects: only required for a pressure test result of $0.6 \text{ h}^{-1} < n_{50} \leq 1.0 \text{ h}^{-1}$)

Standard text:

I hereby confirm that a search for leaks was carried out at negative pressure⁷. All rooms within the airtight building envelope were accessed for this purpose. All potential weak points were checked for leaks. This also applies in the case of areas which were difficult to access (e.g. large room heights). Any larger leaks that were found having a relevant share of the total leakage volumetric flow or affecting thermal comfort were sealed.

The following information is necessary:

- ☐ Name, address, company of the person signing
- ☐ Date and signature
- ☐ Description and address of the construction project
- ☐ Pressurisation test: date and name of the person carrying this out

3.2.11 Photographs

The progress of construction should be supported with photographs; it is not necessary to provide complete photographic documentation of all measures.

3.2.12 Exemptions (only for EnerPHit)

If applicable, necessary proof of the use of exemptions e.g. economic feasibility calculation (see 3.2.13), written confirmation by the historic building preservation authority, excerpts from laws and ordinances, extract of a plan are required.

Generally, in the event that a specific value that is required as standard is exceeded on the basis of an exemption, clear evidence should be provided that the prerequisites for the exemption exist by presenting the appropriate documents with the signature of the person in charge.

If a reduction of the heating demand or cooling demand is not achieved due to extremely extensive use of exemptions, it is at the discretion of the certifier to issue only written confirmation relating to the specific value achieved in place of an EnerPHit certification.

3.2.13 Economic feasibility calculation (only for EnerPHit)

If applicable, required as evidence for the use of an exemption (see Section 3.2.12).

⁷ In individual cases, leakage detection at excess pressure may be admissible particularly in the case of an airtight layer on the outside. Leakage detection can take place in the context of a pressurisation test. Alternatively, the pressure difference can also be generated by simple fans or the ventilation system.

Calculation of economic feasibility compared with a refurbishment without improvement of the energy efficiency, using the PHPP worksheet "Comparison". Use of the boundary conditions previously entered in the PHPP in case different national boundary conditions are not verified.

Alternatively: in agreement with the certifier, separate calculation using a dynamic valuation method (e.g. net present value method) over the lifecycle of the building component on the basis of all relevant costs minus the costs that are incurred anyway; more exact description e.g. in "Wirtschaftlichkeit von Wärmedämm-Maßnahmen im Gebäudebestand" ("Economic feasibility of thermal insulation measures in existing buildings 2005", in German), which can be downloaded from www.passivehouse.com.

3.2.14 Verification of general minimum requirements (according to Section 2.3)

☐ Protection against excessive moisture build-up

If the certifier has concerns regarding physical damage to the building due to moisture, these should be resolved through evidence of moisture protection provided in accordance with accepted technical standards.

For building components with interior insulation, evidence must be provided regarding careful detail planning, with which air flow behind the insulation layer can be safely and permanently prevented if the execution of these details is carried out in accordance with the planning.

For interior insulation, evidence must also be provided regarding the moisture-related technical suitability of the components for the specific application. In case of doubt, proof of suitability with regard to moisture protection, must be provided by means of a corresponding expert's report (with legally effective acceptance of responsibility) which is based on accepted methods. This usually takes place through a hygrothermal simulation.

As a rule, proof regarding the temperature factor f_{Rsi} or input of this value into the PHPP is not required for connection details in a quality typical for Passive Houses, but such proof may be requested by the certifier in case of uncertainty.

☐ Thermal comfort

If components fail to meet the minimum requirements for thermal comfort mentioned in section 2.4.3, then evidence of the comfort conditions based on DIN EN ISO 7730 can be provided alternatively (does not apply for PHI Low Energy Buildings).

☐ Occupant satisfaction

If use is made of any of the exemptions mentioned in Section 2.4.4, then evidence of the prerequisites for these must be provided.

3.2.15 Construction manager's declaration

Execution according to the reviewed project plan must be documented and confirmed with the construction manager's declaration. Any variation in construction should be mentioned; if any of the products used deviate from those included in the project plan, corresponding evidence must be provided.

In some circumstances it may be necessary to provide additional test reports or data sheets for the components used in the building. If values that are more favourable than those in the standard PHPP calculation procedure are to be used, these should be supported by evidence.

3.3 Pre-certification for stepwise retrofit

If energy retrofits are carried out in several individual consecutive steps, then pre-certification of the building as an EnerPHit (or Passive House) project is possible. The preparation of a comprehensive EnerPHit Retrofit Plan (ERP) is a prerequisite for this. The pre-certificate provides building owners and planners the security that the standard being aimed for will actually be achieved after the completion of all steps. The procedure is described below.

*The **EnerPHit Retrofit Plan (ERP)** is a document for building owners. It includes a well-thought-out overall concept for stepwise retrofits. This takes into account important interrelations between different energy saving measures. Thus an optimal final result can securely be obtained over all steps with manageable effort. The ERP output file included on the PHPP CD creates the basic structure of the retrofit plan by import from a completed PHPP.*

3.3.1 Procedure for pre-certification

The pre-certification can take place as soon as the following prerequisites have been met:

- ☐ the ERP and all other necessary documents in accordance with Section 3.3.4 “Documents to be submitted for pre-certification” have been submitted to the certifier.
- ☐ the first modernisation step has been completed and meets the specifications in the ERP
- ☐ the energy demand has been reduced significantly compared to the initial state. This can be substantiated in one of the following ways:
 - ☐ at least 20 % reduction of renewable (PER) or non-renewable (PE) primary energy demand
 - ☐ at least 20 % or 40 kWh/(m²a) reduction of heating demand or sum of cooling and dehumidification demand. Only the one of the two types of room conditioning (heating or cooling + dehumidification) which had the higher useful energy demand in the initial state may be considered for this
 - ☐ at least one property unit has been almost entirely modernized in accordance with the ERP in a building with several owners
 - ☐ a new extension has been erected in accordance with the ERP
- ☐ leakage detection⁸ has been carried out

Preferably, the required documents in Section 3.3.4 “Documents to be submitted for pre-certification” should already be submitted prior to the first modernisation measure so that any deviations from the criteria can be identified prior to implementation.

It is also recommended to submit the documentation of the respective measures for review for all subsequent steps prior to implementation of the retrofit measures. The certifier can then issue an updated version of the pre-certification after completion of the measure.

⁸ Leakage detection is only required after measures which could affect airtightness of the building envelope. Leakage detection should take place at a time in the construction process when the affected building components are still easily accessible.

An application can be made for an EnerPHit (or Passive House) certificate after completion of the last retrofit step. The necessary documents as mentioned in Section 3.2 should be submitted if these have not already been handed over for the preceding retrofit steps.

3.3.2 Retrofit sequences

Pre-certification may be applied for any variant of stepwise retrofit. This includes energy saving measures carried out at different points of time for...

- ☐ ...components (e.g. Step 1: wall insulation, Step 2: window replacement and ventilation system, Step 3: roof insulation and heating system etc.)
- ☐ ...building sections (e.g. single wings, apartments, new extensions or terraced houses)

3.3.3 Moisture protection: requirements for intermediate states

The risk of moisture-related structural damage may not increase, i.e. individual retrofit steps must not lead to a risk of damage, which did not exist or existed only to a lesser extent before the start of retrofit measures.

3.3.4 Documents to be submitted for pre-certification

- ☐ PDF of the completed EnerPHit Retrofit Plan (ERP) with which the standard being aimed for (EnerPHit / Passive House) can be achieved, including the following documents:
 - ☐ All relevant worksheets of the ERP Output File (Excel template is included in PHPP CD)
 - ☐ Attachment with
 - plans of the existing building
 - plans of the fully modernized building with schematic representation of the insulation layer and airtightness layer position in all components of the building envelope (floor plans, sections and (if necessary) elevations, scale 1:50 to 1:100)
 - simplified plans of regular details and connection details of the building envelope for future steps with representation of the insulation layer and airtightness layer position (incl. representation of intermediate states)
- ☐ Completed Passive House Planning Package (PHPP) calculation as Excel file. Each individual retrofit step should be entered as a variant in the worksheet "Variants".
- ☐ All documents in accordance with Section 3.2 that are necessary for the energy efficiency measures already completed at the time of submission.
- ☐ Report of leakage detection at negative pressure (section 3.2.10) in the area of the modernised building component (only after the implementation of measures, which could affect airtightness of the building envelope).

7.2. A02 Aillament coberta



Manta de lana mineral URSA TERRA conforme a la norma UNE EN 13.162, no hidrófila, recubierta con un papel kraft como barrera de vapor. Suministrada en rollo.

Aplicación recomendada
Aislamiento entre tabiquillos.



020/003448

Características	Norma	Valor
Código designación		MW-EN 13162-T1-Z3
Lambda ($\lambda_{90/90}$)	EN 12667 / EN 12939	0,042 W/m·K
Reacción al fuego (Euroclases)	EN 13501-1	F
Permeabilidad al vapor de la lana (μ)	EN 12807	< 1
Resistencia a la difusión del vapor (Z)	EN 12807	Z3

Código	Espesor mm	Ancho m	Largo m	Resistencia térmica m ² ·K/W	Disponible	Suministro	Ud /paquete	m ² /paquete	paquete /palet	m ² /palet
2135978	60	1,20	12,50	1,40	Stock	R	1	15,00	24	360,00
2136553	80	1,20	11,00	1,90	Stock	R	1	13,20	24	316,80
2138586	100	1,20	8,50	2,35	Consultar	R	1	10,20	24	244,80
2138610	120	1,20	6,50	2,85	Stock	R	1	7,80	24	187,20
2138590	140	1,20	5,50	3,30	Consultar	R	1	6,60	24	158,40
2138622	160	1,20	5,00	3,80	Consultar	R	1	6,00	24	144,00

Espesor mm	VERDE				LEED V.3			BREEAM / LEED V.4	
	Módulos A1-A3		Módulo A4	Módulo A5	% material reciclado post-consumer	% en peso del producto extraído y fabricado a más de 500 millas (aprox. 800 kms)	% en peso de producto extraído y fabricado a menos de 500 millas (aprox. 800 kms)	Eco Etiqueta I	Declaración ambiental de producto
	E. PRIMARIA MJ/m ²	CO ₂ kg/m ²	Kg/m ² cálculo transp	Residuos Kg/m ²					
60	28,62	1,14	0,85	0,161	≥ 35	5%	95%	✓	✓
80	34,66	1,48	1,07	0,216	≥ 35	6%	94%	✓	✓



Excelente aislamiento térmico



Excelente aislamiento acústico



Fácil instalación



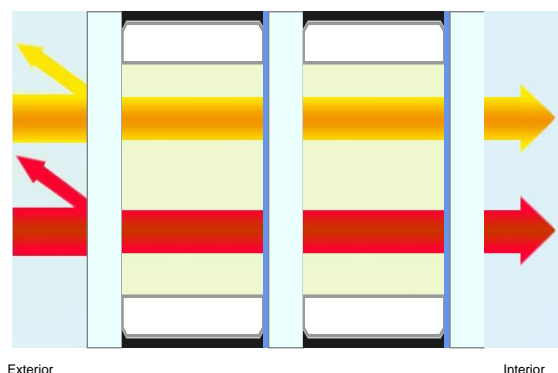
Ahorro



Reciclable

7.3. A03 Vidreria

Diseño del acristalamiento



Exterior

Interior

	Primera hoja	Segunda hoja	Tercera hoja
Gas		Argon 85% 16,00mm	Argon 85% 16,00mm
Capa		PLANITHERM ONE II	PLANITHERM ONE II
Primera hoja	PLANICLEAR 4,00mm	PLANICLEAR 4,00mm	PLANICLEAR 4,00mm
Capa			
Película			
Capa			
Segunda hoja			
Capa			

Tamaños de fabricación

Espesor nominal : **44,0 mm**
Peso : **30,0 kg/m²**

Factores luminosos (EN410-2011) : (D65 2°)

Transmitancia : **59 %**
Reflectancia exterior : **31 %**
Reflectancia interior : **33 %**

Factores energéticos (EN410-2011) :

Transmitancia : **34 %**
Reflectancia exterior : **47 %**
Reflectancia interior : **49 %**
Absorción A1 : **8 %**
Absorción A2 : **7 %**
Absorción A3 : **3 %**

Factor solar (EN410-2011) :

g : **0,41**
Coeficiente de sombra : **0,47**

Transmisión térmica (EN673-2011) - 0° Respecto a la posición vertical

Ug : **0,5 W/(m².K)**



FRANCISCO GARCÍA AYAS
TRIPLESTOP S.L.
DIRECCION
LAS CALZADAS 2
39540

SAN VICENTE DE LA BARQUERA , ESPAÑA

Teléfono :
Móvil :
Fax :
franciscogarciaayas@gmail.com

942712102
619016050
942712102

CALUMEN II es un programa de cálculo de las principales prestaciones espectro-fotométricas y térmicas de los acristalamientos como pueden ser la transmisión luminosa (TL), el factor solar (g) y la transmitancia térmica (U). Los valores facilitados por CALUMEN II son a título indicativo y bajo reserva de modificación.

Estos valores están calculados según las normas EN 410-2011 y EN 673-2011 con las tolerancias definidas en EN 1096-4 o ISO9050-2003 no pueden ser utilizados como garantía del comportamiento de los acristalamientos en las condiciones finales de uso. El usuario debe imperativamente verificar la posibilidad real de combinar productos y de forma muy especial la combinación de capas, sustratos de diferente color y espesores, así como la disponibilidad comercial de la combinación realizada. Saint-Gobain declina cualquier responsabilidad derivada del uso incorrecto de este programa. Es responsabilidad del usuario verificar que la combinación de vidrios realizada es apta para la aplicación y el uso previsto y cumple con las exigencias reglamentarias que le sean exigibles a nivel nacional, autonómico o local. Los valores computados con la norma NFRC-2010 son indicativos. Por favor use el software NFRC para valores certificados.

Los procedimientos de cálculo y los resultados de Calumen II han sido validados por TÜV Rheinland Quality / TNO quality – Report 11923R-11-33705



• Calculation software
verified
• EN 410 and EN 673

7.4. A04 Fusteria

FICHA TÉCNICA

Ventana con Sistema Europeo de madera IV78



Serie Climatrend		
Perfil IV78		
Ventana de madera oscilobatiente, abatible de giro vertical y horizontal inferior, practicable al interior.		

FOTOGRAFÍA DE LA VENTANA



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA VENTANA

Ventana sistema IV78 Climatrend.

Marcado CE

Madera laminada, sección de hoja 78 x 78 mm y de marco 78 x 78 mm.

Capacidad para el vidrio de 31 a 42 mm de espesor.

Fijación del vidrio con tecnología de vidrio encolado.

Vierteaguas de madera con soporte de aluminio.

Doble junta de estanqueidad de goma de caucho termoplástica en hoja.

Herraje Maco Multimatic Aire 12 con nivel de seguridad WK1 y opcional hasta WK3; incluso cerraderos de seguridad con base de 30 mm.

Apertura de microventilación incluida en todas las oscilobatientes.

Apertura mediante falleba de palanca en las hojas pasivas.

Bisagra con capacidad de carga hasta 130 kg. y opción de bisagra oculta Maco Multipower con capacidad de carga hasta 150 kg.

Moldura clásica o recta.

Tratamiento Lasur Cetol WF952 Duraflex de la casa alemana Sikkens en color según la elección.

Protección de juntas en V con Kodrin WV 470.

Sellado de vidrio a dos caras con silicona.

Pretaladro para fijación del marco de la ventana al premarco y a la obra mediante tornillo de acero galvanizado de cabeza cilíndrica de Ø6 mm, Spax T-star plus, de 15 cm de longitud.

Máximo aislamiento acústico $R_w = 47$ dBMáximo aislamiento térmico $U_w = 0,92$ W/m²K

Máxima certificación energética de la ventana = A

PRESTACIONES CERTIFICADAS DE LA VENTANA

SISTEMA DE LA VENTANA

MARCADO CE - EN 14351-1	SI
PERMEABILIDAD AL AIRE - EN 1026	CLASE 4
ESTANQUEIDAD AL AGUA - EN 1027	CLASE E1200
RESISTENCIA A LA CARGA DE VIENTO - EN 12211	CLASE 5

DISEÑO DE LOS PERFILES

ESTABILIDAD DIMENSIONAL DE LOS ELEMENTOS - EN 1529	APTO
MADERA LAMINADA ENCOLADA - EN 392	APTO
FUERZA ADHERENCIA DE LOS ADHESIVOS DE LA MADERA - EN 204, EN 205, EN 12 765	APTO

BARNIZADO

MATERIALES DE RECUBRIMIENTO Y SISTEMAS DE RECUBRIMIENTO PARA MADERA EXTERIOR - EN 927-3	CLASE 2
---	---------

VENTILACIÓN

VENTILACIÓN DE LOS EDIFICIOS - EN 13141-2					
AIREADOR OCULTO	10Pa	5,1 m³ / h	AEROSLIM	10Pa	27,7 m³ / h
AEROMAT MINI	10Pa	6 m³ / h	MICROVENTILACIÓN	10Pa	11 m³ / h

FICHA TÉCNICA

Ventana con Sistema Europeo de madera IV78



Serie Climatrend		
Perfil IV78		
Ventana de madera oscilobatiente, abatible de giro vertical y horizontal inferior, practicable al interior.		

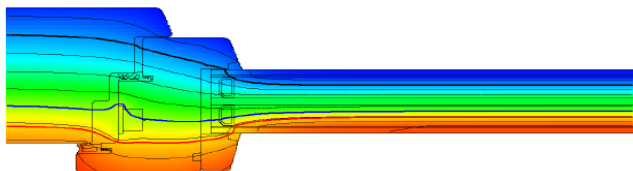


TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LA VENTANA (*) - EN ISO 10077-1

MADERA DURA					
Roble, Iroko, Sipo, Niangón, Fresno					
U _f	U _g	U _w (Ψ _g = 0,08)	C.E. _w	U _w (Ψ _g = 0,04)	C.E. _w
1,60	0,6	1,11	A	1,06	A
	0,7	1,18	A	1,08	A
	0,8	1,25	A	1,15	A
	0,9	1,32	B	1,22	A
	1,0	1,39	B	1,29	A
	1,1	1,45	B	1,36	B
	1,2	1,52	C	1,42	B
	1,3	1,59	C	1,49	B
	1,4	1,66	D	1,56	C
	1,5	1,73	D	1,63	D
	1,6	1,80	D	1,70	D
	1,8	1,93	D	1,84	D
	2,0	2,07	D	1,97	D
	2,8	2,62	D	2,52	D

MADERA BLANDA					
Pino, Framiré, Limba					
U _f	U _g	U _w (Ψ _g = 0,08)	C.E. _w	U _w (Ψ _g = 0,04)	C.E. _w
1,30	0,6	1,02	A	0,92	A
	0,7	1,09	A	0,99	A
	0,8	1,15	A	1,06	A
	0,9	1,22	A	1,12	A
	1,0	1,29	A	1,19	A
	1,1	1,36	B	1,26	A
	1,2	1,43	B	1,33	B
	1,3	1,50	C	1,40	B
	1,4	1,57	C	1,47	B
	1,5	1,63	D	1,54	C
	1,6	1,70	D	1,60	D
	1,8	1,84	D	1,74	D
	2,0	1,98	D	1,88	D
	2,8	2,53	D	2,43	D

PERFIL ISOTÉRMICO DE LA VENTANA



*: Cálculo realizado sobre ventana de 1 hoja de 1,48 x 1,23 m.

U_f Transmitancia unitaria del marco (W/m²K)

Madera Dura con densidad ≈ 700kg/m³ (λ=0,18)

Madera Blanda con densidad ≈ 500kg/m³ (λ=0,13)

U_g Transmitancia unitaria del vidrio (W/m²K)U_w Transmitancia térmica de la ventana (W/m²K)Ψ_g Transmitancia térmica lineal (Aluminio = 0,08 W/mK)Ψ_g Transmitancia térmica lineal (Swisspacer = 0,04 W/mK)C.E._w Clasificación energética de la ventanaAISLAMIENTO ACÚSTICO DEL VIDRIO R_w

DOBLE ACRISTALAMIENTO			DOBLE ACRISTALAMIENTO LAMINADO			
8 / 24 / 5	37 (-1,-5) dB	4+4.1 / 20 / 4+4.1	37 (-2,-5) dB	4+4.2 / 20 / 6	39 (-2,-4) dB	6+6.2 si / 15 / 6+6.2 si
10 / 20 / 6	37 (-1,-2) dB	4+4.1 / 20 / 6	38 (-2,-4) dB	6+6.1 / 16 / 5+5.1	42 (-3,-5) dB	47 (-2,-6) dB
6 / 27 / 4	38 (-2,-6) dB	4+4.2 si / 24 / 6	38 (-2,-4) dB	4+4.1 si / 20 / 10	45 (-1,-5) dB	
		4+4.2 / 20 / 4+4.2	39 (-2,-5) dB	6+6.1 si / 16 / 10	45 (-1,-5) dB	
						TRIPLE ACRISTALAMIENTO
						4 / 12 / 4 / 12 / 4
						31 (-1,-5) dB

HERRAJE

RESISTENCIA A APERTURAS Y CIERRES REPETIDOS - EN 1191	CLASE 2
FUERZAS DE MANIOBRAS - EN 12046-2	CLASE 2
CAPACIDAD DE SOPORTAR CARGAS DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD - EN 14609	APTO
RESISTENCIA A LA CORROSIÓN - EN 1670	
MACO ESTÁNDAR ACABADO SILVER LOOK: CLASE 4	
MACO TRICOAT: CLASE 5	

SEGURIDAD

ROBO CON ESCALAMIENTO, RESISTENCIA A LA VENTANA Y LAS PUERTAS - ENV 1627-1630									
HERRAJE WK1			CLASE 1		HERRAJE WK2			CLASE 2	
RESISTENCIA AL IMPACTO DE CUERPO PENDULAR - EN 356									
	3+3	NPD	4+4.2	P2A	4+4.6	P5A	6+6.1	P1A	
	3+3.2	P1A	4+4.3	P3A	5+5.1	P1A	6+6.2	P2A	
	4+4.1	P1A	4+4.4	P4A	5+5.2	P2A	6+6.4	P4A	
RESISTENCIA A LA AGRESIÓN - EN 356									
	PROTECT SP 615		P6B	PROTECT SP 722		P7B	PROTECT SP 827		P8B
RESISTENCIA A LAS BALAS - EN 1522									
	PROTECT HN112-S	BR1-S	PROTECT HN120-S	BR1-S	PROTECT HN323-S	BR3-S	PROTECT HN540-S	BR5-S	
	PROTECT HN113-S	BR1-S	PROTECT HN222-S	BR2-S	PROTECT HN432-S	BR4-S			
	PROTECT HN119-S	BR1-S	PROTECT HN226-S	BR2-S	PROTECT HN536-S	BR5-S			
WK1: Fuerza física sin herramienta, hasta 300 Nm.					Vidrio mínimo P1A				
WK2: Ladrón con herramientas simples y prueba de vulnerabilidad de 3 minutos netos					Vidrio mínimo P4A				
WK3: Ladrón con herramientas especializadas y prueba de vulnerabilidad de 5 minutos netos					Vidrio mínimo P5A				

7.5. A05 Sistema d'aïllament per l'exterior



Panel de poliestireno extruido URSA XPS conforme a la norma UNE EN 13.164, de superficie rugosa acanalada y mecanizado lateral recto. URSA XPS puede utilizarse dentro de un amplio margen de temperaturas que abarca desde -50°C hasta +75°C.

Aplicación recomendada

Puentes térmicos. Fachada por el exterior (SATE).



07/020/468

Características	Norma	Valor
Código designación		T1-CS(10/Y)300-DS(70/90)-DLT(2)5-WL(T)0,7-WD(V)3-FT2
Lambda ($\lambda_{90/90}$)	EN 12667 / EN 12939	0,034 W/m·K espesores ≥ 70 : 0,036 W/m·K
Reacción al fuego (Euroclases)	EN 13501-1	E
Resistencia a compresión	EN 826	300 kPa
Estabilidad dimensional (23°C y 90%)	EN 1604	$\leq 5\%$
Deformación bajo carga y temperatura	EN 1605	$\leq 5\%$
Fluencia compresión (2% 50 años)	EN 826	125 kPa
Absorción inmersión total	EN 12087	$\leq 0,7\%$
Resistencia hielo – deshielo	EN 12088	FT2

Código	Espesor mm	Ancho m	Largo m	Resistencia térmica $m^2 \cdot K/W$	Disponible	Ud /paquete	m^2 /paquete	m^2 /palet
2137736	30	0,60	1,25	0,90	Consultar	14	10,50	126,00
2121877	40	0,60	1,25	1,20	Stock	10	7,50	90,00
2138514	50	0,60	1,25	1,50	Consultar	8	6,00	72,00
2138515	60	0,60	1,25	1,80	Consultar	7	5,25	63,00
2138516	70	0,60	1,25	1,95	Consultar	6	4,50	54,00
2138517	80	0,60	1,25	2,20	Stock	5	3,75	45,00
2138518	90	0,60	1,25	2,50	Consultar	4	3,00	42,00
2138486	100	0,60	1,25	2,80	Consultar	4	3,00	36,00
2138531	110	0,60	1,25	3,05	Consultar	3	2,25	31,50
2138532	120	0,60	1,25	3,35	Consultar	3	2,25	31,50

	VERDE				LEED V.3			BREEAM / LEED V.4	
	Módulos A1-A3		Módulo A4	Módulo A5	% material reciclado post-consumer	% en peso del producto extraído y fabricado a más de 500 millas (aprox. 800 kms)	% en peso de producto extraído y fabricado a menos de 500 millas (aprox. 800 kms)	Eco Etiqueta I	Declaración ambiental de producto
Espesor mm	E. PRIMARIA MJ/m ²	CO ₂ kg/m ²	Kg/m ² cálculo transp	Residuos Kg/m ²					
30	92,88	4,06	0,99	0,020	≥ 30	61%	39%	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
40	123,84	5,41	1,32	0,026	≥ 30	61%	39%	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



Excelente aislamiento térmico



Excelente resistencia frente al agua



Excelente resistencia mecánica



Reciclable

7.6. A06 Pressupost

Obra: MILLORA ENERÈTICA							% C.I. 3	
Codi	Tipus	Ut	Resum	Quantitat	Preu (€)	Import (€)		
PRESSUPOST	Capítol				40.685,21	40.685,21		
L	Capítol		Fusteria, vidres i proteccions solars		10.783,91	10.783,91		
LC	Capítol		Fusteria		9.615,75	9.615,75		
LCX	Capítol		Sistemas de madera		9.615,75	9.615,75		
LCX010	Partida	Ud	Carpintería exterior de madera de pino, para ventana abisagrada, de apertura hacia el interior, de 800x1000 mm, serie IV 78 Climatrend "ROMÁN CLAVERO", formada por una hoja oscilobatiente y una hoja practicable, hoja de 78x78 mm de sección y marco de 78x78 mm, moldura recta, junquillos, tapajuntas de madera maciza de 70x15 mm y vierteaguas en el perfil inferior, con soporte de aluminio anodizado y revestimiento exterior de madera; con capacidad para recibir un acristalamiento con un espesor mínimo de 32 mm y máximo de 42 mm; coeficiente de transmisión térmica del marco de la sección tipo Uh,m = 1,3 W/(m²K), con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase 5, según UNE-EN 12210; acabado mediante sistema de barnizado translúcido Sikkens con tecnología Duraflex; herraje perimetral de cierre y seguridad Maco	1,000	872,56	872,56		
mt22rom100bbc	Material	Ud	Premarco de aluminio para carpintería de madera "ROMÁN CLAVERO", de 800x1000 mm, Según UNE-EN 14351-1.	1,000	29,340	29,34		
mt22rom020faac	Material	Ud	Ventana de madera de pino, serie IV 78 Climatrend "ROMÁN CLAVERO", una hoja oscilobatiente y una hoja practicable, dimensiones 800x1000 mm, acabado mediante sistema de barnizado translúcido Sikkens con tecnología Duraflex, compuesta de hoja de 78x78 mm y marco de 78x78 mm, moldura recta, junquillos, tapajuntas de madera maciza de 70x15 mm y vierteaguas en el perfil inferior, con soporte de aluminio anodizado y revestimiento exterior de madera, doble junta perimetral de estanqueidad de goma de caucho termoplástica, con capacidad para recibir un acristalamiento con un espesor mínimo de 32 mm y máximo de 42 mm; coeficiente de transmisión térmica del marco de la sección tipo Uh,m = 1,3 W/(m²K), con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase 5, según UNE-EN 12210; herraje perimetral de cierre y seguridad	1,000	741,250	741,25		
mt23xpm015	Material	Ud	Tornillo de acero galvanizado T-Star Plus "SPAX", de cabeza cilíndrica, de 6 mm de diámetro y 15 cm de longitud	6,000	0,270	1,62		
mt13blw110a	Material	Ud	Aerosol con 750 cm³ de espuma de poliuretano, de 25 kg/m³ de densidad, 150% de expansión, 18 N/cm² de resistencia a tracción y 20 N/cm² de resistencia a flexión, conductividad térmica 0,04 W/(mK), estable de -40°C a 100°C; para aplicar con pistola; según UNE-EN 13165.	0,300	9,200	2,76		
mt22www020	Material	m	Cinta autoadhesiva, impermeable al vapor de agua, de 70 mm de anchura, compuesta por una película de polietileno laminado sobre una banda de fieltro, suministrada en rollos de 25 m de longitud.	3,680	0,930	3,42		
mt22www010b	Material	Ud	Cartucho de 290 ml de sellador adhesivo monocomponente, neutro, superelástico, a base de polímero MS, resistente a la intemperie y a los rayos UV, elongación hasta rotura 750%, color gris.	0,100	5,290	0,53		
mo017	Mà d'obra	h	Oficial 1ª carpintero.	1,612	17,190	27,71		
mo058	Mà d'obra	h	Ayudante carpintero.	1,612	14,830	23,91		
%		%	Costos directes complementaris	2,000	830,540	16,61		
			LCX010	1,000	872,56	872,56		

LCX010b	Partida	Ud	Carpintería exterior de madera de pino, para ventana abisagrada, de apertura hacia el interior, de 1200x1200 mm, serie IV 78 Climatrend "ROMÁN CLAVERO", formada por una hoja oscilobatiente y una hoja practicable, hoja de 78x78 mm de sección y marco de 78x78 mm, moldura recta, junquillos, tapajuntas de madera maciza de 70x15 mm y vierteaguas en el perfil inferior, con soporte de aluminio anodizado y revestimiento exterior de madera; con capacidad para recibir un acristalamiento con un espesor mínimo de 32 mm y máximo de 42 mm; coeficiente de transmisión térmica del marco de la sección tipo $U_{h,m} = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase 5, según UNE-EN 12210; acabado mediante sistema de barnizado translúcido Sikkens con tecnología Duraflex; herraje perimetral de cierre y seguridad Maco	6,000	977,03	5.862,18
mt22rom100 bdd	Material	Ud	Premarco de aluminio para carpintería de madera "ROMÁN CLAVERO", de 1200x1200 mm, Según UNE-EN 14351-1.	1,000	34,500	34,50
mt22rom020 face	Material	Ud	Ventana de madera de pino, serie IV 78 Climatrend "ROMÁN CLAVERO", una hoja oscilobatiente y una hoja practicable, dimensiones 1200x1200 mm, acabado mediante sistema de barnizado translúcido Sikkens con tecnología Duraflex, compuesta de hoja de 78x78 mm y marco de 78x78 mm, moldura recta, junquillos, tapajuntas de madera maciza de 70x15 mm y vierteaguas en el perfil inferior, con soporte de aluminio anodizado y revestimiento exterior de madera, doble junta perimetral de estanqueidad de goma de caucho termoplástica, con capacidad para recibir un acristalamiento con un espesor mínimo de 32 mm y máximo de 42 mm; coeficiente de transmisión térmica del marco de la sección tipo $U_{h,m} = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase 5, según UNE-EN 12210; herraje perimetral de cierre y seguridad	1,000	832,960	832,96
mt23xpm015	Material	Ud	Tornillo de acero galvanizado T-Star Plus "SPAX", de cabeza cilíndrica, de 6 mm de diámetro y 15 cm de longitud.	8,000	0,270	2,16
mt13blw110 a	Material	Ud	Aerosol con 750 cm³ de espuma de poliuretano, de 25 kg/m³ de densidad, 150% de expansión, 18 N/cm² de resistencia a tracción y 20 N/cm² de resistencia a flexión, conductividad térmica 0,04 W/(mK), estable de -40°C a 100°C; para aplicar con pistola; según UNE-EN 13165.	0,300	9,200	2,76
mt22www02 0	Material	m	Cinta autoadhesiva, impermeable al vapor de agua, de 70 mm de anchura, compuesta por una película de polietileno laminado sobre una banda de fieltro, suministrada en rollos de 25 m de longitud.	4,920	0,930	4,58
mt22www01 0b	Material	Ud	Cartucho de 290 ml de sellador adhesivo monocomponente, neutro, superelástico, a base de polímero MS, resistente a la intemperie y a los rayos UV, elongación hasta rotura 750%, color gris.	0,100	5,290	0,53
mo017	Mà d'obra	h	Oficial 1ª carpintero.	1,639	17,190	28,17
mo058	Mà d'obra	h	Ayudante carpintero.	1,639	14,830	24,31
%		%	Costos directes complementaris	2,000	929,970	18,60
LCX010b				6,000	977,03	5.862,18
LCX010c	Partida	Ud	Carpintería exterior de madera de pino, para puerta abisagrada, de apertura hacia el interior, de 2200x2200 mm, serie IV 78 Climatrend "ROMÁN CLAVERO", formada por una hoja oscilobatiente, una hoja practicable y un fijo lateral, hoja de 78x78 mm de sección y marco de 78x78 mm, moldura recta, junquillos, tapajuntas de madera maciza de 70x15 mm y vierteaguas en el perfil inferior, con soporte de aluminio anodizado y revestimiento exterior de madera; con capacidad para recibir un acristalamiento con un espesor mínimo de 32 mm y máximo de 42 mm; coeficiente de transmisión térmica del marco de la sección tipo $U_{h,m} = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase 5, según UNE-EN 12210; acabado mediante sistema de barnizado translúcido Sikkens con tecnología Duraflex; herraje perimetral de cierre y seguridad Maco	1,000	1.899,18	1.899,18
mt22rom100 bml	Material	Ud	Premarco de aluminio para carpintería de madera "ROMÁN CLAVERO", de 2200x2200 mm, Según UNE-EN 14351-1.	1,000	53,210	53,21

mt22rom050 faa	Material	Ud	Puerta de madera de pino, serie IV 78 Climatrend "ROMÁN CLAVERO", una hoja oscilobatiente, una hoja practicable y un fijo lateral, dimensiones 2200x2200 mm, acabado mediante sistema de barnizado translúcido Sikkens con tecnología Duraflex, compuesta de hoja de 78x78 mm y marco de 78x78 mm, moldura recta, junquillos, tapajuntas de madera maciza de 70x15 mm y vierteaguas en el perfil inferior, con soporte de aluminio anodizado y revestimiento exterior de madera, doble junta perimetral de estanqueidad de goma de caucho termoplástica, con capacidad para recibir un acristalamiento con un espesor mínimo de 32 mm y máximo de 42 mm; coeficiente de transmisión térmica del marco de la sección tipo Uh,m = 1,3 W/(m²K), con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase 5, según UNE-EN 12210; herraje perimetral de cierre y seguridad	1,000	1.626,200	1.626,20
mt23xpm015 L	Material	Ud	Tornillo de acero galvanizado T-Star Plus "SPAX", de cabeza cilíndrica, de 6 mm de diámetro y 15 cm de longitud	12,000	0,270	3,24
mt13blw110 a	Material	Ud	Aerosol con 750 cm³ de espuma de poliuretano, de 25 kg/m³ de densidad, 150% de expansión, 18 N/cm² de resistencia a tracción y 20 N/cm² de resistencia a flexión, conductividad térmica 0,04 W/(mK), estable de -40°C a 100°C; para aplicar con pistola; según UNE-EN 13165.	0,300	9,200	2,76
mt22www02 0	Material	m	Cinta autoadhesiva, impermeable al vapor de agua, de 70 mm de anchura, compuesta por una película de polietileno laminado sobre una banda de fieltro, suministrada en rollos de 25 m de longitud.	9,020	0,930	8,39
mt22www01 0b	Material	Ud	Cartucho de 290 ml de sellador adhesivo monocomponente, neutro, superelástico, a base de polímero MS, resistente a la intemperie y a los rayos UV, elongación hasta rotura 750%, color gris.	0,100	5,290	0,53
mo017	Mà d'obra	h	Oficial 1ª carpintero.	3,541	17,190	60,87
mo058	Mà d'obra	h	Ayudante carpintero.	3,541	14,830	52,51
%		%	Costos directes complementaris	2,000	1.807,710	36,15
LCX010c				1,000	1.899,18	1.899,18
LCX010d	Partida	Ud	Carpintería exterior de madera de pino, para puerta abisagrada, de apertura hacia el interior, de 800x2200 mm, serie IV 78 Climatrend "ROMÁN CLAVERO", formada por una hoja oscilobatiente, hoja de 78x78 mm de sección y marco de 78x78 mm, moldura recta, junquillos, tapajuntas de madera maciza de 70x15 mm y vierteaguas en el perfil inferior, con soporte de aluminio anodizado y revestimiento exterior de madera; con capacidad para recibir un acristalamiento con un espesor mínimo de 32 mm y máximo de 42 mm; coeficiente de transmisión térmica del marco de la sección tipo Uh,m = 1,3 W/(m²K), con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase 5, según UNE-EN 12210; acabado mediante sistema de barnizado translúcido Sikkens con tecnología Duraflex; herraje perimetral de cierre y seguridad Maco Multimatic Aire 12 con nivel de	1,000	981,83	981,83
mt22rom100 bbl	Material	Ud	Premarco de aluminio para carpintería de madera "ROMÁN CLAVERO", de 800x2200 mm, Según UNE-EN 14351-1.	1,000	41,410	41,41
mt22rom030 faa	Material	Ud	Puerta de madera de pino, serie IV 78 Climatrend "ROMÁN CLAVERO", una hoja oscilobatiente, dimensiones 800x2200 mm, acabado mediante sistema de barnizado translúcido Sikkens con tecnología Duraflex, compuesta de hoja de 78x78 mm y marco de 78x78 mm, moldura recta, junquillos, tapajuntas de madera maciza de 70x15 mm y vierteaguas en el perfil inferior, con soporte de aluminio anodizado y revestimiento exterior de madera, doble junta perimetral de estanqueidad de goma de caucho termoplástica, con capacidad para recibir un acristalamiento con un espesor mínimo de 32 mm y máximo de 42 mm; coeficiente de transmisión térmica del marco de la sección tipo Uh,m = 1,3 W/(m²K), con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase 5, según UNE-EN 12210; herraje perimetral de cierre y seguridad Maco Multimatic Aire 12	1,000	827,060	827,06
mt23xpm015 L	Material	Ud	Tornillo de acero galvanizado T-Star Plus "SPAX", de cabeza cilíndrica, de 6 mm de diámetro y 15 cm de longitud	12,000	0,270	3,24
mt13blw110 a	Material	Ud	Aerosol con 750 cm³ de espuma de poliuretano, de 25 kg/m³ de densidad, 150% de expansión, 18 N/cm² de resistencia a tracción y 20 N/cm² de resistencia a flexión, conductividad térmica 0,04 W/(mK), estable de -40°C a 100°C; para aplicar con pistola; según UNE-EN 13165.	0,300	9,200	2,76

mt22www020	Material	m	Cinta autoadhesiva, impermeable al vapor de agua, de 70 mm de anchura, compuesta por una película de polietileno laminado sobre una banda de fieltro, suministrada en rollos de 25 m de longitud.	6,080	0,930	5,65			
mt22www010b	Material	Ud	Cartucho de 290 ml de sellador adhesivo monocomponente, neutro, superelástico, a base de polímero MS, resistente a la intemperie y a los rayos UV, elongación hasta rotura 750%, color gris.	0,100	5,290	0,53			
mo017	Mà d'obra	h	Oficial 1ª carpintero.	1,683	17,190	28,93			
mo058	Mà d'obra	h	Ayudante carpintero.	1,683	14,830	24,96			
%		%	Costos directes complementaris	2,000	934,540	18,69			
			LCX010d	1,000	981,83	981,83			
			LCX		9.615,75	9.615,75			
LV	Capítol		Vidres		1.168,16	1.168,16			
LVE	Capítol		Triple envidriament		1.168,16	1.168,16			
LVE010	Partida	m²	Triple envidriament SGG CLIMALIT PLUS XN F2 F5 6/(14 argó 90%)/4/(14 argó 90%)/4 "SAINT GOBAIN", fixat sobre fusteria amb falques i segellat continu per l'exterior i perfil continu per l'interior, per a fulles de vidre de superfície menor de 2 m².	14,940	78,19	1.168,16			
				Uts.	Llargada	Amplada	Alçada	Parcial	Subtotal
				6	1,200	1,200		8,640	
				1	2,100	2,100		4,410	
				1	2,100	0,900		1,890	14,940
mt21vsg011a	Material	m²	Triple envidriament SGG CLIMALIT PLUS XN F2 F5 6/(14 argó 90%)/4/(14 argó 90%)/4 "SAINT GOBAIN", conjunt format per vidre exterior PLANITHERM XN de 6 mm, amb capa de baixa emissió tèrmica incorporada en la cara interior, dues cambres deshidratades omplertes de gas argó amb perfil separador d'alumini i doble segellat perimetral, de 14 mm de gruix cadascuna, vidre intermedi PLANICLEAR incolor de 4 mm i vidre interior PLANITHERM XN de 4 mm, amb capa de baixa emissió tèrmica incorporada en la cara exterior per a fulles de vidre de superfície menor de 2 m²	1,006	51,350	51,66			
mt21sik010	Material	U	Cartutx de 310 ml de silicona sintètica incolora Elastosil WS-305-N "SIKA" (rendiment aproximat de 12 m per cartutx).	0,290	2,470	0,72			
mt21vva025	Material	m	Perfil continu de neoprè per a la col·locació del vidre.	1,667	0,900	1,50			
mt21vva021	Material	U	Material auxiliar per la col·locació de vidres.	1,000	1,260	1,26			
mo055	Mà d'obra	h	Oficial 1ª vidrier.	0,406	25,160	10,21			
mo110	Mà d'obra	h	Ajudant vidrier.	0,406	22,330	9,07			
%		%	Costos directes complementaris	2,000	74,420	1,49			
			LVE010	14,940	78,19	1.168,16			
			LVE		1.168,16	1.168,16			
I	Capítol		Instal·lacions		23.344,73	23.344,73			
IV	Capítol		Ventilació		23.344,73	23.344,73			
IVM	Capítol		Ventilació mecànica per a habitatges		23.344,73	23.344,73			
			IVM		23.344,73	23.344,73			
N	Capítol		Aïllaments e impermeabilitzacions		6.556,57	6.556,57			
NA	Capítol		Aïllaments		6.556,57	6.556,57			
NAS	Capítol		Sistemes ETICS d'aïllament exterior de façanas		6.068,40	6.068,40			

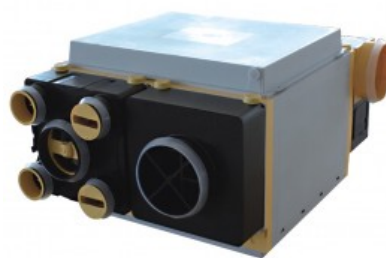
NAS002	Partida	m²	Aislamiento térmico por el exterior de fachadas, con sistema ETICS, compuesto por: panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 100 mm de espesor, fijado al soporte mediante mortero aplicado manualmente y fijaciones mecánicas con taco de expansión de polipropileno capa de regularización de mortero aplicado manualmente, armado con malla de fibra de vidrio, antiálcalis, de 5x4 mm de luz de malla, de 0,6 mm de espesor y de 160 g/m² de masa superficial; capa de acabado de mortero acrílico color blanco, sobre Perfil de arranque de aluminio, de 100 mm de anchura, con goterón, para nivelación y soporte de los paneles aislantes de los sistemas de aislamiento térmico por el exterior sobre la línea de zócalo.	77,820	77,98	6.068,40
mt28mop08 0j	Material	m	Perfil de arranque de aluminio, de 100 mm de anchura, con goterón, para nivelación y soporte de los paneles aislantes de los sistemas de aislamiento térmico por el exterior sobre la línea de zócalo.	0,170	8,310	1,41
mt28mop08 5j	Material	m	Perfil de cierre superior, de aluminio, de 100 mm de anchura, para coronación de los paneles aislantes de los sistemas de aislamiento térmico por el exterior.	0,170	18,330	3,12
mt28mop03 0g	Material	kg	Mortero aplicado manualmente, compuesto de cemento blanco, cal aérea, áridos ligeros, áridos calizos seleccionados, fibras naturales, aditivos y resinas en polvo, impermeable al agua de lluvia, permeable al vapor de agua y resistente al envejecimiento, para adherir los paneles aislantes y como capa base, previo amasado con agua.	10,800	1,010	10,91
mt16pep010 ah	Material	m²	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 100 mm de espesor, permeable al vapor de agua y resistente al envejecimiento, resistencia térmica 2,63 m²K/W, conductividad térmica 0,038 W/(mK), Euroclase E de	1,050	16,980	17,83
mt16pep100	Material	Ud	Taco de expansión de polipropileno de 160 mm de longitud, para fijación de placas aislantes.	8,000	0,360	2,88
mt28mop05 0a	Material	m²	Malla de fibra de vidrio, antiálcalis, de 5x4 mm de luz de malla, de 0,6 mm de espesor, de 160 g/m² de masa superficial y de 1x50 m, para armar morteros.	1,100	1,550	1,71
mt28mop09	Material	m	Perfil de PVC con malla de fibra de vidrio antiálcalis, para formación de goterones.	0,170	7,640	1,30
mt28mop07	Material	m	Perfil de esquina de aluminio con malla, para refuerzo de cantos.	0,300	1,510	0,45
mt28mop07	Material	m	Perfil de cierre lateral, de aluminio, de 100 mm de anchura.	0,300	8,730	2,62
mt28mop32 0a	Material	kg	Imprimación acrílica compuesta por resinas acrílicas, pigmentos minerales y aditivos orgánicos e inorgánicos, impermeable al agua de lluvia y permeable al vapor de agua, para aplicar con brocha, rodillo o pistola, para regularizar la absorción e incrementar la adherencia de morteros acrílicos.	0,200	3,690	0,74
mt28mop31 0ma	Material	kg	Mortero acrílico color blanco, compuesto por resinas acrílicas, pigmentos minerales y aditivos orgánicos e inorgánicos, antimoho y antiverdín, permeable al vapor de agua y resistente al envejecimiento, a la contaminación urbana y a los rayos UV, para revestimiento de paramentos exteriores.	2,000	3,720	7,44
mt15bas010 a	Material	m	Cordón de polietileno expandido de celdas cerradas, de sección circular de 6 mm de diámetro, para el relleno de fondo de junta.	0,170	0,060	0,01
mt15bas035 a	Material	Ud	Cartucho de masilla elastómera monocomponente a base de polímeros híbridos, de color gris, de 600 ml, muy adherente, con elevadas propiedades elásticas, resistente al envejecimiento y a los rayos UV, dureza Shore A aproximada de 25, alargamiento en rotura > 600%, según UNE-EN ISO 11600.	0,020	8,240	0,16
mo054	Mà d'obra	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,101	17,820	1,80
mo101	Mà d'obra	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,101	16,130	1,63
mo039	Mà d'obra	h	Oficial 1ª revocador.	0,606	17,240	10,45
mo079	Mà d'obra	h	Ayudante revocador.	0,606	16,130	9,77
%		%	Costos directes complementaris	2,000	74,230	1,48
NAS002				77,820	77,98	6.068,40
NAS				6.068,40		6.068,40
NAQ	Capítol	Cobertes		488,17		488,17
NAQ030	Partida	m²	Aislamiento térmico por el interior de cubiertas inclinadas sobre espacio no habitable, formado por manta de lana mineral, T1021 Ursa Terra Manta Papel "URSA IBÉRICA AISLANTES", revestida por una de sus caras con papel kraft que actúa como barrera de vapor, de 100 mm de espesor.	65,880	7,41	488,17

mt16lvp015c	Material	m²	Manta de lana mineral, T1021 Ursa Terra Manta Papel "URSA IBÉRICA AISLANTES", revestida por una de sus caras con papel kraft que actúa como barrera de vapor, de 100 mm de espesor, resistencia térmica 2,35 m²K/W, conductividad térmica 0,042 W/(mK), según UNE-EN 13162, Euroclase F de reacción al fuego, con código de designación MW-UNE-EN 13162-T1-Z3.	1,100	3,730	4,10
mt16aaa030	Material	m	Cinta autoadhesiva para sellado de juntas.	1,000	0,300	0,30
mo054	Mà d'obra	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,078	17,820	1,39
mo101	Mà d'obra	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,078	16,130	1,26
%	%		Costos directes complementaris	2,000	7,050	0,14
			NAQ030	65,880	7,41	488,17
			NAQ		488,17	488,17
			PRESSUPOST CONJUNT		40.685,21	40.685,21

7.7. A07 Recuperador de calor



VMC Viviendas unifamiliares - Doble flujo con recuperación de calor **Serie AKOR**



AKOR ST HR



VMC de doble flujo, para viviendas unifamiliares, con intercambiador de calor de flujos cruzados, con un rendimiento de hasta el 92% (AKOR ST HR) y hasta 60% (AKOR ST / AKOR ST GD). Asegura la renovación permanente de aire de las viviendas unifamiliares, y garantiza los requisitos requeridos en el Código Técnico de Edificación.

Equipado con 2 ventiladores centrífugos, para impulsión y extracción, cada uno con motor 230V-50Hz, Clase B, de 2 velocidades, concebidos para funcionamiento continuo y caja de bornes para conectar el cable de alimentación.

+ Atributos



Fácil mantenimiento
Rápido acceso a los filtros,
para su limpieza.



**Intercambiador de
calor de tipo
contraflujo, de alta
eficiencia**
Fabricado con láminas de
polipropileno.



Desagüe
permanente del agua de
condensación.



Juntas de estanqueidad
Embotaduras con juntas
de estanqueidad.



**Interruptor
incorporado**
2 posiciones de extracción
más paro y 2 de impulsión
más paro.

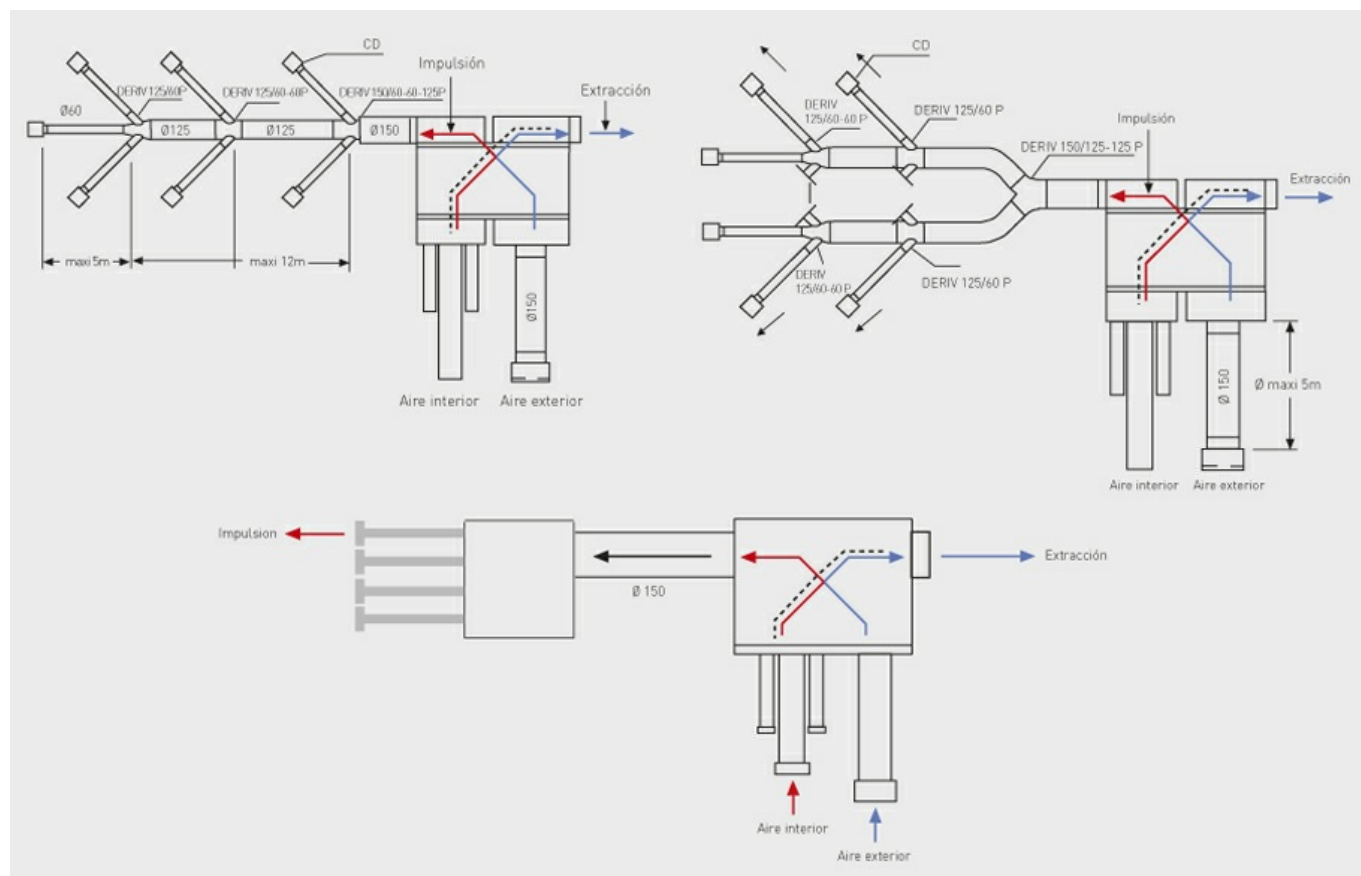
+ Referencia

REFERENCIA

A	K	O	R	S	T	G	D	D	1	5	0
1				2		3			4		

- 1- **AKOR:** Serie.
- 2- **ST:** Intercambiador de flujos cruzados.
ST HR: Intercambiador de alta eficiencia.
- 3- **GD:** Versión de potencia máxima.
- 4- **D150:** Diámetro de conexión.

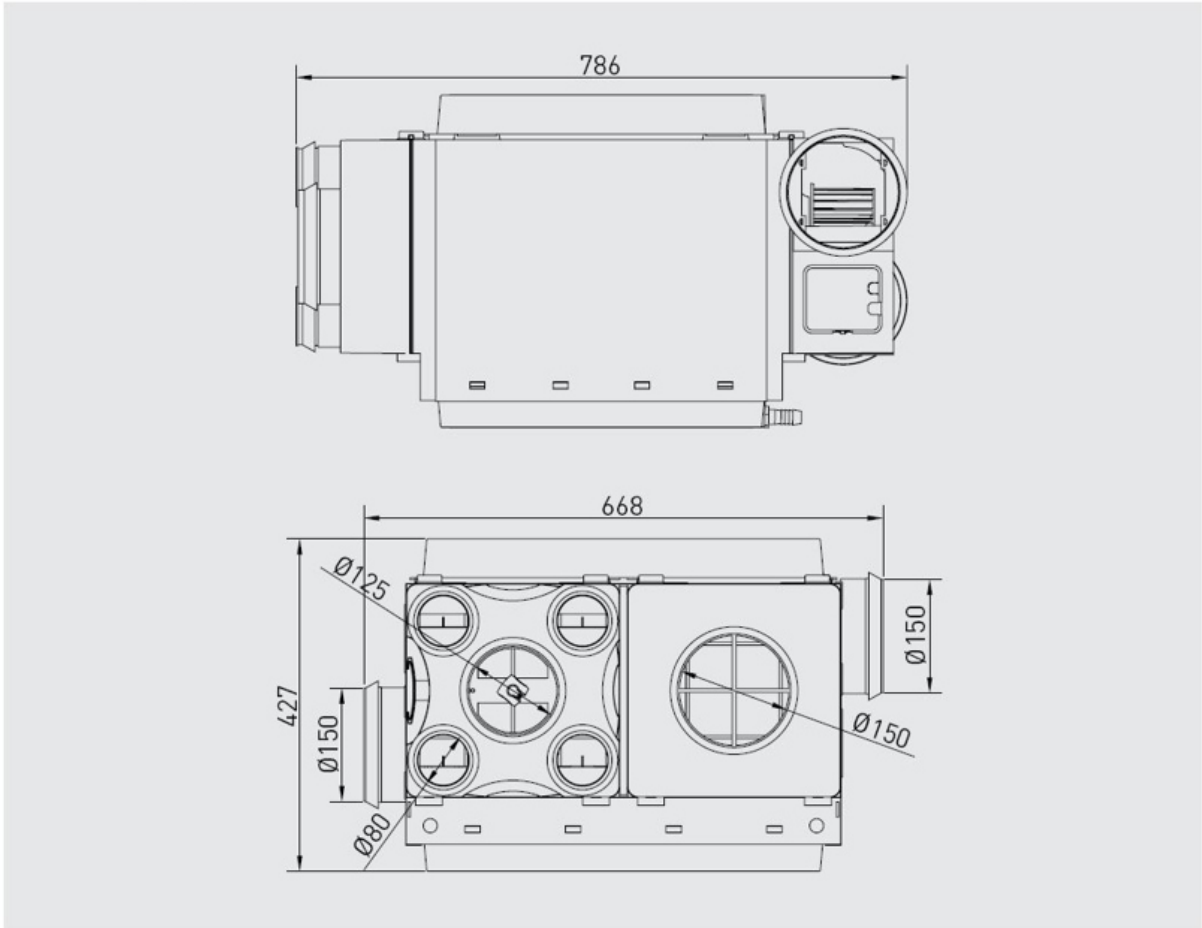
+ Instalación



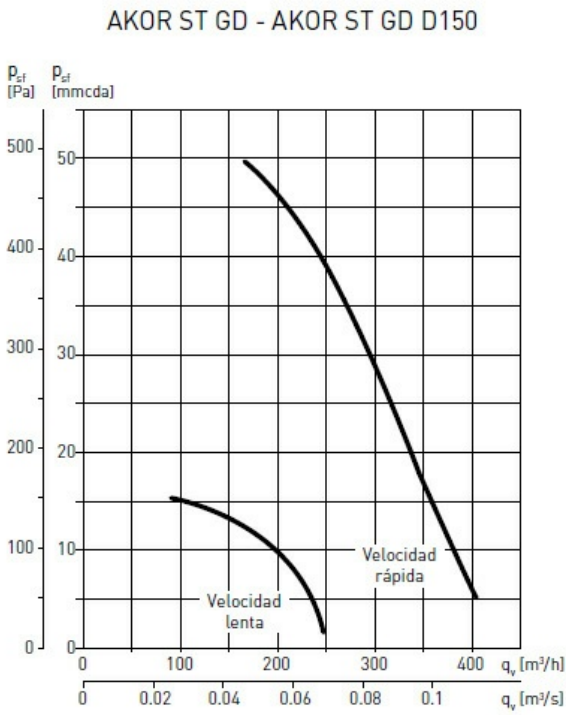
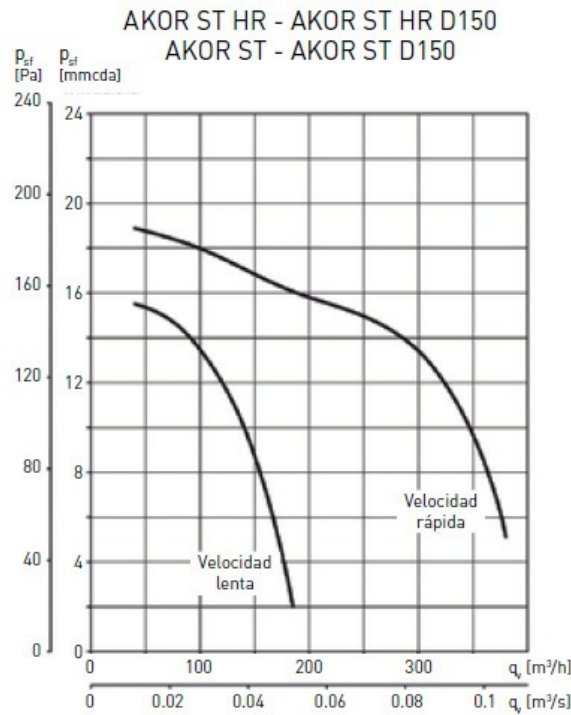
+ Características Técnicas

Modelo	Tensión (V)	Potencia absorbida descarga libre (Máxima) (W)	Nivel de potencia sonora (dB(A))	Configuración	Peso (kg)
AKOR ST HR	230	132	52	4 embocaduras de aspiración de 80 mm 1 embocadura de aspiración de 125 mm	16
AKOR ST HR D150	230	132	52	1 embocadura de aspiración de 150 mm	16
AKOR ST	230	132	52	4 embocaduras de aspiración de 80 mm 1 embocadura de aspiración de 125 mm	15
AKOR ST GD	230	270	52	4 embocaduras de aspiración de 80 mm 1 embocadura de aspiración de 125 mm	16
AKOR ST D150	230	132	52	1 embocadura de aspiración de 150 mm	15
AKOR ST GD D150	230	270	52	1 embocadura de aspiración de 150 mm	16

+ Dimensiones

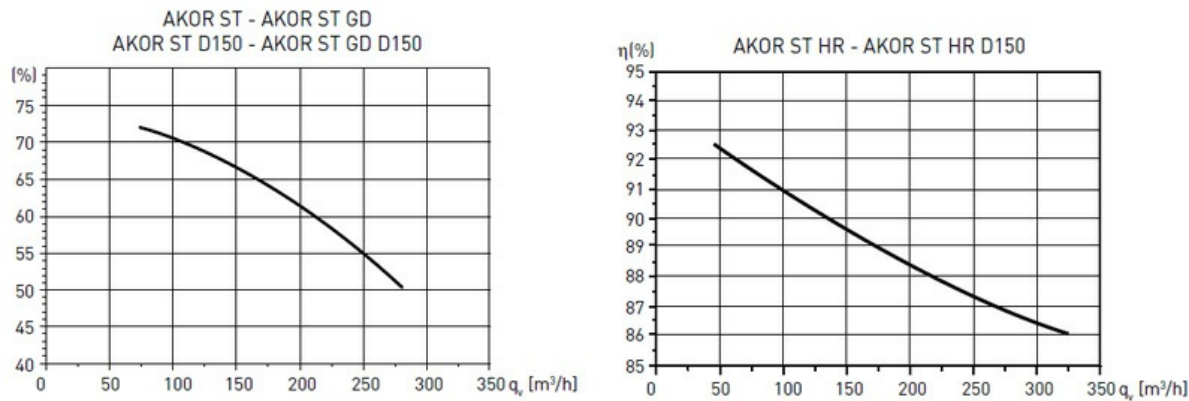


+ Curvas



+ Curva de Rendimiento

Temperatura exterior: 5°C
Humedad relativa exterior: no significativa
Temperatura interior: 25°C
Humedad relativa interior: 30%



+ Accesorios de montaje



ABE AKOR 500W
Batería de pre-calefacción
Evita que se hielen las condensaciones de aire en el intercambiador. Fabricado en chapa de acero galvanizado y provisto de abrazaderas de polietileno. Con resistencia de calor de 500W y termostatos de regulación. Ø 150 mm



RDR
Reguladores de caudal autorregulables. Para instalar en el interior del conducto.



RD BP
Reguladores de caudal autorregulables de baja presión. (20/100 PA) Para instalar en el interior del conducto. Diámetro 80 mm. Caudal: 15 ó 30 m³/h.



RD BP SM
Reguladores de caudal autorregulables. Para instalar en el interior del manguito de las bocas BDOP. Diámetro 80 mm. Caudal: 15 ó 30 m³/h.



TAT
Toma de aire tejado



TAP
Toma de aire pared



BOA/BOAC
Bocas de aspiración
BOA 80/125
BOAC 80/125



CT
Sombreros de tejado



CD
Boca de impulsión
Destinada a la introducción de aire en viviendas individuales. Se puede instalar en pared, techo, falso techo recta o acodada. Ø 60 mm



Plenum AKOR
10 embocaduras de aspiración de Ø 60 mm. Embocadura de descarga de Ø 150 mm. 5 tapones



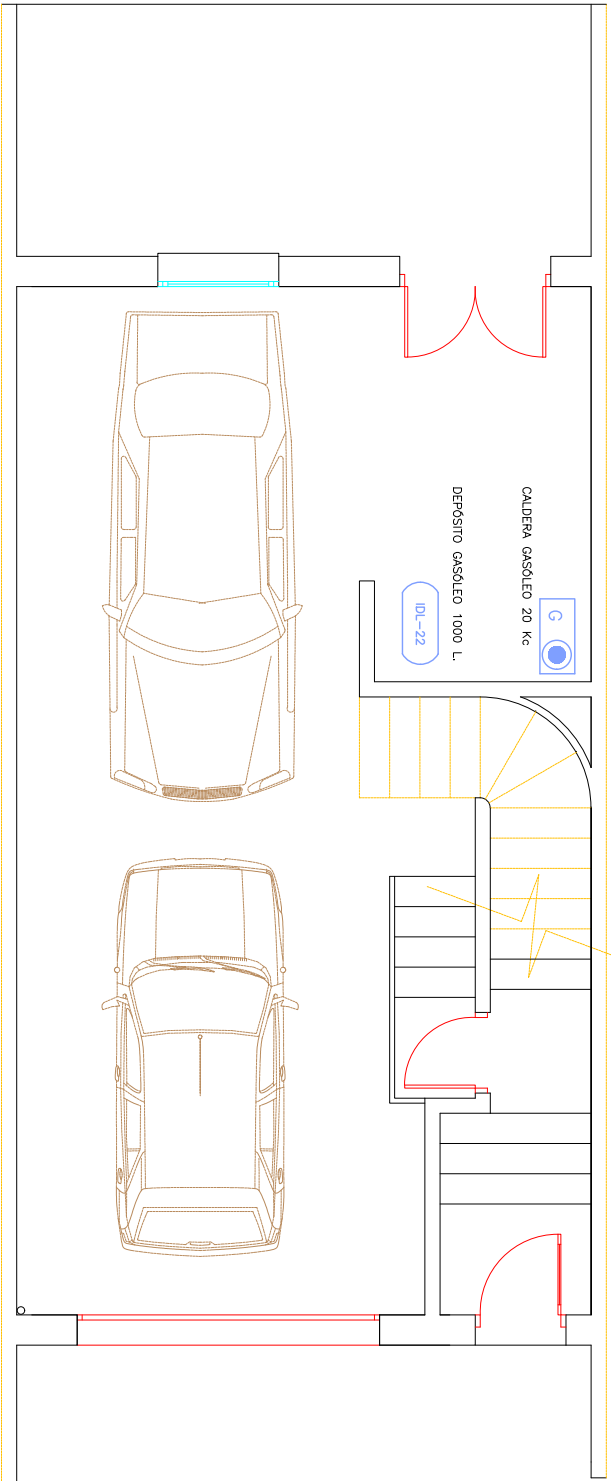
DERIV
Secciones de plástico con derivaciones, para la conexión de los diferentes diámetros de conducto.



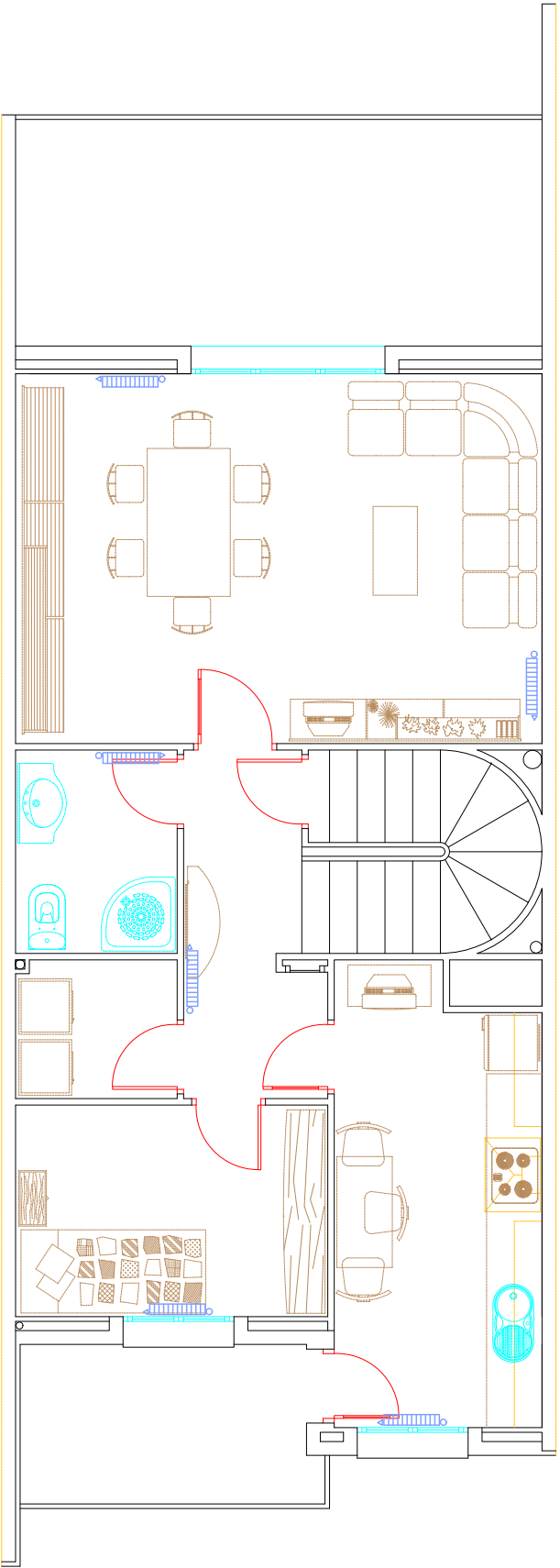
Diagram showing the connection of different duct diameters (Ø A, Ø B, Ø C, Ø D) using DERIV plastic sections.

Modelo	Ø A (mm)	Ø B (mm)	Ø C (mm)	Ø D (mm)
DERIV 80-80 P	80	80	80	
DERIV 125-60-60-125 P	125	60	60	125
DERIV 125-60-60-125 P	125	60	60	60
DERIV 150-125-125 P	150	125	125	
DERIV 150-60-60-125 P	150	60	60	125

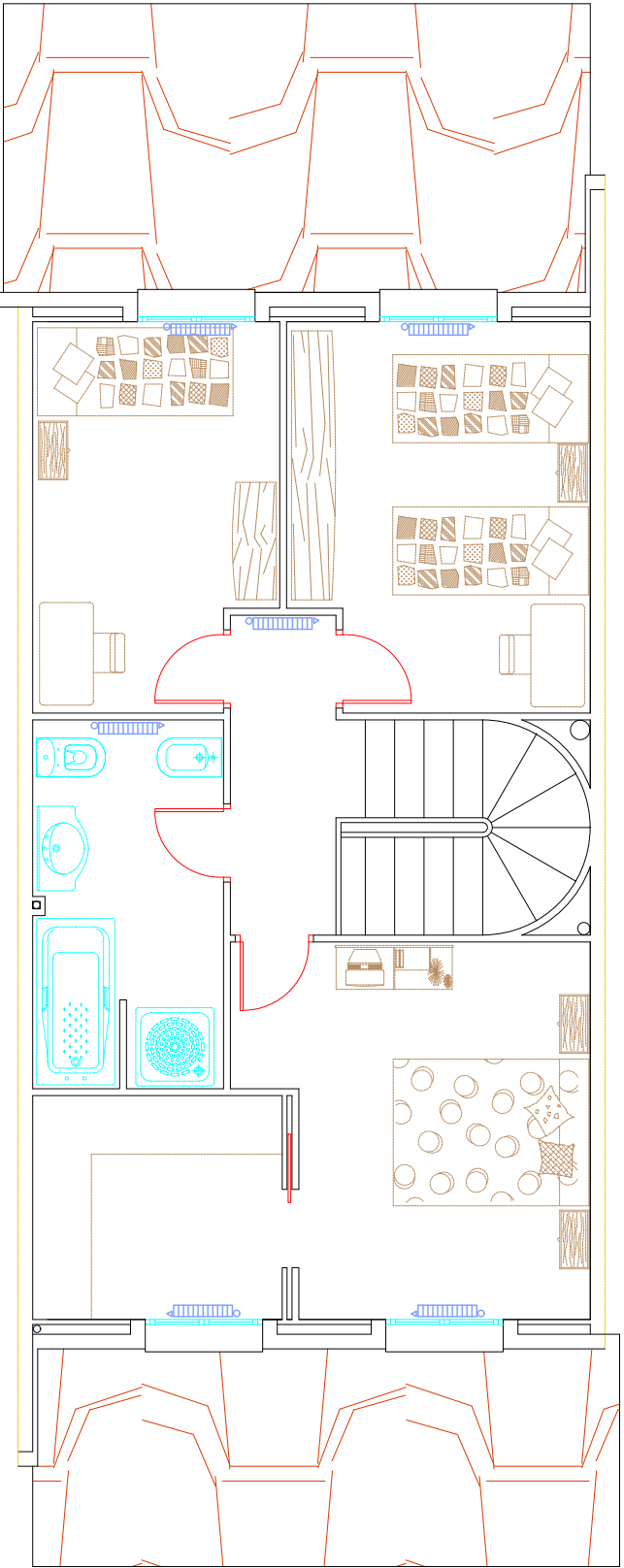
7.8. Plànols



PLANTA BAJA



PLANTA PRIMERA



PLANTA SEGUNDA

7.9. A09 Taules d'amortització

E A		
cost gasoil	cost electri	total any
715,31	287,50	1002,81
726,04	291,81	1017,85
736,93	296,19	1033,12
747,98	300,63	1048,62
759,20	305,14	1064,35
770,59	309,72	1080,31
782,15	314,36	1096,52
793,88	319,08	1112,96
805,79	323,87	1129,66
817,88	328,72	1146,60
830,15	333,66	1163,80
842,60	338,66	1181,26
855,24	343,74	1198,98
868,07	348,90	1216,96
881,09	354,13	1235,22
894,30	359,44	1253,74
907,72	364,83	1272,55
921,33	370,31	1291,64
935,15	375,86	1311,01
949,18	381,50	1330,68
963,42	387,22	1350,64
977,87	393,03	1370,90
992,54	398,92	1391,46
1007,43	404,91	1412,33
1022,54	410,98	1433,52
1037,88	417,15	1455,02
1053,44	423,40	1476,85
1069,25	429,75	1499,00
1085,28	436,20	1521,49
1101,56	442,74	1544,31
1118,09	449,39	1567,47
1134,86	456,13	1590,98
1151,88	462,97	1614,85
1169,16	469,91	1639,07
1186,70	476,96	1663,66
1204,50	484,12	1688,61
1222,56	491,38	1713,94
1240,90	498,75	1739,65
1259,52	506,23	1765,75
1278,41	513,82	1792,23
1297,59	521,53	1819,12
1317,05	529,35	1846,40
1336,80	537,29	1874,10
1356,86	545,35	1902,21
1377,21	553,53	1930,74
1397,87	561,84	1959,70
1418,84	570,26	1989,10
1440,12	578,82	2018,94
1461,72	587,50	2049,22
1483,65	596,31	2079,96
1505,90	605,26	2111,16

E. A. + SATE+COBERTA				
cost gasoil	cost electri	total any	acumulat	estalvi
560,43	267,38	827,80	827,80	-175,01
568,83	271,39	840,22	1668,02	-352,64
577,37	275,46	852,82	2520,85	-532,94
586,03	279,59	865,62	3386,46	-715,94
594,82	283,78	878,60	4265,06	-901,68
603,74	288,04	891,78	5156,84	-1090,21
612,80	292,36	905,16	6061,99	-1281,57
621,99	296,74	918,73	6980,73	-1475,80
631,32	301,20	932,51	7913,24	-1672,95
640,79	305,71	946,50	8859,74	-1873,05
650,40	310,30	960,70	9820,44	-2076,15
660,16	314,95	975,11	10795,55	-2282,30
670,06	319,68	989,74	11785,29	-2491,54
680,11	324,47	1004,58	12789,87	-2703,92
690,31	329,34	1019,65	13809,52	-2919,49
700,66	334,28	1034,95	14844,47	-3138,29
711,17	339,30	1050,47	15894,94	-3360,37
721,84	344,38	1066,23	16961,16	-3585,78
732,67	349,55	1082,22	18043,38	-3814,58
743,66	354,79	1098,45	19141,84	-4046,80
754,81	360,12	1114,93	20256,77	-4282,51
766,14	365,52	1131,65	21388,42	-4521,75
777,63	371,00	1148,63	22537,05	-4764,59
789,29	376,56	1165,86	23702,91	-5011,06
801,13	382,21	1183,35	24886,25	-5261,24
813,15	387,95	1201,10	26087,35	-5515,16
825,35	393,77	1219,11	27306,46	-5772,90
837,73	399,67	1237,40	28543,86	-6034,50
850,29	405,67	1255,96	29799,82	-6300,02
863,05	411,75	1274,80	31074,62	-6569,53
875,99	417,93	1293,92	32368,55	-6843,08
889,13	424,20	1313,33	33681,88	-7120,73
902,47	430,56	1333,03	35014,91	-7402,55
916,01	437,02	1353,03	36367,94	-7688,59
929,75	443,57	1373,32	37741,26	-7978,93
943,69	450,23	1393,92	39135,18	-8273,62
957,85	456,98	1414,83	40550,01	-8572,73
972,22	463,84	1436,05	41986,06	-8876,33
986,80	470,79	1457,59	43443,66	-9184,48
1001,60	477,86	1479,46	44923,11	-9497,25
1016,63	485,02	1501,65	46424,76	-9814,72
1031,88	492,30	1524,17	47948,94	-10136,95
1047,35	499,68	1547,04	49495,97	-10464,01
1063,06	507,18	1570,24	51066,22	-10795,98
1079,01	514,79	1593,80	52660,01	-11132,92
1095,20	522,51	1617,70	54277,72	-11474,92
1111,62	530,35	1641,97	55919,68	-11822,05
1128,30	538,30	1666,60	57586,28	-12174,39
1145,22	546,38	1691,60	59277,88	-12532,01
1162,40	554,57	1716,97	60994,85	-12895,00
1179,84	562,89	1742,73	62737,58	-13263,43

E. A. + PERFILARIA + VIDRES BE				
cost gasoil	cost electricitat	total any	acumulat	estalvi
592,45	224,97	817,42	817,42	-185,39
601,34	228,34	829,68	1647,10	-373,56
610,36	231,77	842,13	2489,23	-564,55
619,51	235,24	854,76	3343,99	-758,41
628,81	238,77	867,58	4211,57	-955,18
638,24	242,35	880,59	5092,16	-1154,89
647,81	245,99	893,80	5985,96	-1357,61
657,53	249,68	907,21	6893,17	-1563,36
667,39	253,43	920,82	7813,99	-1772,20
677,40	257,23	934,63	8748,62	-1984,17
687,56	261,09	948,65	9697,27	-2199,32
697,88	265,00	962,88	10660,15	-2417,70
708,35	268,98	977,32	11637,47	-2639,36
718,97	273,01	991,98	12629,45	-2864,34
729,76	277,11	1006,86	13636,31	-3092,69
740,70	281,26	1021,96	14658,28	-3324,47
751,81	285,48	1037,29	15695,57	-3559,73
763,09	289,76	1052,85	16748,43	-3798,52
774,54	294,11	1068,65	17817,07	-4040,88
786,15	298,52	1084,68	18901,75	-4286,89
797,95	303,00	1100,95	20002,70	-4536,58
809,92	307,54	1117,46	21120,16	-4790,02
822,06	312,16	1134,22	22254,38	-5047,26
834,40	316,84	1151,24	23405,62	-5308,35
846,91	321,59	1168,50	24574,12	-5573,37
859,61	326,42	1186,03	25760,15	-5842,36
872,51	331,31	1203,82	26963,97	-6115,38
885,60	336,28	1221,88	28185,85	-6392,51
898,88	341,33	1240,21	29426,06	-6673,78
912,36	346,45	1258,81	30684,87	-6959,28
926,05	351,64	1277,69	31962,57	-7249,06
939,94	356,92	1296,86	33259,42	-7543,18
954,04	362,27	1316,31	34575,74	-7841,72
968,35	367,71	1336,06	35911,79	-8144,74
982,88	373,22	1356,10	37267,89	-8452,30
997,62	378,82	1376,44	38644,33	-8764,47
1012,58	384,50	1397,09	40041,41	-9081,33
1027,77	390,27	1418,04	41459,45	-9402,94
1043,19	396,12	1439,31	42898,77	-9729,37
1058,84	402,07	1460,90	44359,67	-10060,70
1074,72	408,10	1482,82	45842,48	-10397,00
1090,84	414,22	1505,06	47347,54	-10738,34
1107,20	420,43	1527,63	48875,17	-11084,81
1123,81	426,74	1550,55	50425,72	-11436,47
1140,67	433,14	1573,81	51999,53	-11793,41
1157,78	439,64	1597,41	53596,94	-12155,70
1175,14	446,23	1621,37	55218,31	-12523,42
1192,77	452,92	1645,69	56864,01	-12896,66
1210,66	459,72	1670,38	58534,39	-13275,50
1228,82	466,61	1695,44	60229,83	-13660,02
1247,25	473,61	1720,87	61950,69	-14050,31

E. A. + (SATE+COBERTA)+(PERFILARIA + VIDRES BE)				
cost gasoil	cost electricitat	total any	acumulat	estalvi
449,80	203,65	653,44	653,44	-349,37
456,54	206,70	663,24	1316,69	-703,97
463,39	209,80	673,19	1989,88	-1063,90
470,34	212,95	683,29	2673,17	-1429,22
477,40	216,14	693,54	3366,71	-1800,03
484,56	219,38	703,94	4070,66	-2176,40
491,83	222,68	714,50	4785,16	-2558,41
499,21	226,02	725,22	5510,38	-2946,15
506,69	229,41	736,10	6246,48	-3339,71
514,29	232,85	747,14	6993,62	-3739,17
522,01	236,34	758,35	7751,97	-4144,63
529,84	239,88	769,72	8521,69	-4556,16
537,79	243,48	781,27	9302,96	-4973,87
545,85	247,13	792,99	10095,95	-5397,85
554,04	250,84	804,88	10900,83	-5828,18
562,35	254,60	816,96	11717,78	-6264,97
570,79	258,42	829,21	12546,99	-6708,31
579,35	262,30	841,65	13388,64	-7158,30
588,04	266,23	854,27	14242,91	-7615,04
596,86	270,23	867,09	15110,00	-8078,64
605,81	274,28	880,09	15990,09	-8549,18
614,90	278,40	893,29	16883,39	-9026,79
624,12	282,57	906,69	17790,08	-9511,55
633,48	286,81	920,29	18710,38	-10003,59
642,99	291,11	934,10	19644,48	-10503,01
652,63	295,48	948,11	20592,59	-11009,93
662,42	299,91	962,33	21554,92	-11524,44
672,36	304,41	976,77	22531,68	-12046,67
682,44	308,98	991,42	23523,10	-12576,74
692,68	313,61	1006,29	24529,39	-13114,76
703,07	318,31	1021,38	25550,78	-13660,85
713,62	323,09	1036,70	26587,48	-14215,13
724,32	327,94	1052,26	27639,74	-14777,72
735,18	332,85	1068,04	28707,78	-15348,75
746,21	337,85	1084,06	29791,84	-15928,35
757,41	342,92	1100,32	30892,16	-16516,64
768,77	348,06	1116,83	32008,98	-17113,76
780,30	353,28	1133,58	33142,56	-17719,83
792,00	358,58	1150,58	34293,14	-18334,99
803,88	363,96	1167,84	35460,98	-18959,39
815,94	369,42	1185,36	36646,34	-19593,14
828,18	374,96	1203,14	37849,48	-20236,41
840,60	380,58	1221,19	39070,66	-20889,32
853,21	386,29	1239,50	40310,17	-21552,03
866,01	392,09	1258,10	41568,26	-22224,67
879,00	397,97	1276,97	42845,23	-22907,41
892,18	403,94	1296,12	44141,35	-23600,39
905,57	410,00	1315,56	45456,91	-24303,76
919,15	416,15	1335,30	46792,21	-25017,68
932,94	422,39	1355,33	48147,54	-25742,31
946,93	428,72	1375,66	49523,19	-26477,82

E. A. + REC. CALOR				
cost gasoil	cost electricitat	total any	acumulat	estalvi
311,96	217,03	528,99	528,99	-473,82
316,64	220,29	536,93	1065,92	-954,74
321,39	223,59	544,98	1610,90	-1442,88
326,21	226,95	553,16	2164,06	-1938,34
331,10	230,35	561,45	2725,51	-2441,23
336,07	233,81	569,88	3295,39	-2951,67
341,11	237,31	578,42	3873,81	-3469,76
346,23	240,87	587,10	4460,91	-3995,62
351,42	244,49	595,91	5056,81	-4529,38
356,69	248,15	604,84	5661,66	-5071,13
362,04	251,88	613,92	6275,58	-5621,02
367,47	255,65	623,13	6898,70	-6179,15
372,98	259,49	632,47	7531,18	-6745,65
378,58	263,38	641,96	8173,14	-7320,66
384,26	267,33	651,59	8824,72	-7904,28
390,02	271,34	661,36	9486,09	-8496,67
395,87	275,41	671,28	10157,37	-9097,93
401,81	279,54	681,35	10838,72	-9708,22
407,84	283,74	691,57	11530,30	-10327,66
413,95	287,99	701,95	12232,25	-10956,39
420,16	292,31	712,48	12944,72	-11594,55
426,47	296,70	723,16	13667,88	-12242,29
432,86	301,15	734,01	14401,90	-12899,74
439,36	305,66	745,02	15146,92	-13567,05
445,95	310,25	756,20	15903,11	-14244,38
452,64	314,90	767,54	16670,65	-14931,86
459,42	319,63	779,05	17449,70	-15629,66
466,32	324,42	790,74	18240,44	-16337,92
473,31	329,29	802,60	19043,04	-17056,80
480,41	334,23	814,64	19857,68	-17786,47
487,62	339,24	826,86	20684,54	-18527,09
494,93	344,33	839,26	21523,80	-19278,81
502,36	349,49	851,85	22375,65	-20041,81
509,89	354,74	864,63	23240,27	-20816,25
517,54	360,06	877,60	24117,87	-21602,32
525,30	365,46	890,76	25008,63	-22400,17
533,18	370,94	904,12	25912,75	-23209,99
541,18	376,50	917,68	26830,44	-24031,95
549,30	382,15	931,45	27761,88	-24866,25
557,54	387,88	945,42	28707,31	-25713,06
565,90	393,70	959,60	29666,91	-26572,57
574,39	399,61	974,00	30640,90	-27444,98
583,00	405,60	988,61	31629,51	-28330,47
591,75	411,69	1003,44	32632,94	-29229,25
600,62	417,86	1018,49	33651,43	-30141,50
609,63	424,13	1033,76	34685,20	-31067,44
618,78	430,49	1049,27	35734,47	-32007,27
628,06	436,95	1065,01	36799,47	-32961,20
637,48	443,50	1080,98	37880,46	-33929,43
647,04	450,16	1097,20	38977,66	-34912,19
656,75	456,91	1113,66	40091,32	-35909,69

+ (REC. CALOR) + (SATE+COBERTA)+ (PERFILARIA + VIDRES				
cost gasoil	cost electrici	total any	acumulat	estalvi
95,27	134,42	229,69	229,69	-773,12
96,70	136,43	233,13	233,13	-1787,53
98,15	138,48	236,63	236,63	-2817,15
99,62	140,56	240,18	240,18	-3862,22
101,12	142,66	243,78	243,78	-4922,96
102,63	144,80	247,44	247,44	-5999,62
104,17	146,98	251,15	251,15	-7092,42
105,73	149,18	254,92	254,92	-8201,62
107,32	151,42	258,74	258,74	-9327,45
108,93	153,69	262,62	262,62	-10470,17
110,56	156,00	266,56	266,56	-11630,03
112,22	158,34	270,56	270,56	-12807,29
113,91	160,71	274,62	274,62	-14002,21
115,61	163,12	278,74	278,74	-15215,06
117,35	165,57	282,92	282,92	-16446,09
119,11	168,05	287,16	287,16	-17695,59
120,90	170,57	291,47	291,47	-18963,84
122,71	173,13	295,84	295,84	-20251,10
124,55	175,73	300,28	300,28	-21557,68
126,42	178,36	304,78	304,78	-22883,85
128,31	181,04	309,35	309,35	-24229,92
130,24	183,75	313,99	313,99	-25596,18
132,19	186,51	318,70	318,70	-26982,93
134,18	189,31	323,48	323,48	-28390,49
136,19	192,15	328,34	328,34	-29819,15
138,23	195,03	333,26	333,26	-31269,25
140,30	197,96	338,26	338,26	-32741,10
142,41	200,93	343,33	343,33	-34235,02
144,55	203,94	348,48	348,48	-35751,36
146,71	207,00	353,71	353,71	-37290,44
148,91	210,10	359,02	359,02	-38852,61
151,15	213,26	364,40	364,40	-40438,20
153,42	216,45	369,87	369,87	-42047,59
155,72	219,70	375,42	375,42	-43681,11
158,05	223,00	381,05	381,05	-45339,14
160,42	226,34	386,76	386,76	-47022,03
162,83	229,74	392,57	392,57	-48730,17
165,27	233,18	398,45	398,45	-50463,94
167,75	236,68	404,43	404,43	-52223,70
170,27	240,23	410,50	410,50	-54009,87
172,82	243,83	416,65	416,65	-55822,83
175,41	247,49	422,90	422,90	-57662,98
178,04	251,20	429,25	429,25	-59530,73
180,72	254,97	435,69	435,69	-61426,50
183,43	258,80	442,22	442,22	-63350,71
186,18	262,68	448,86	448,86	-65303,78
188,97	266,62	455,59	455,59	-67286,15
191,80	270,62	462,42	462,42	-69298,25
194,68	274,68	469,36	469,36	-71340,53
197,60	278,80	476,40	476,40	-73413,45
200,57	282,98	483,55	483,55	-75517,46